Aus der Chirurgischen Klinik des Städtischen Krankenhauses
Berlin-Britz. Vorstand: Professor Dr. W. Felix

Die Regeneration peripherer Nerven in den verschiedenen Körpergebieten und ihr zeitliches Verhalten

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des medizinischen Doktorgrades an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Vorgelegt von
FRIEDRICH SESSNER
aus Wiedersbach

Tag der Promotion: 27. März 1940

Druck von C. Brügel & Sohn, Ansbach

M 522

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Kreuz

Referent: Prof. Dr. Willi Felix

Korreferent: Prof. Dr. Paul Gohrbandt

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Symptomenbilder einer Nervenverletzung können außerordentlich vielgestaltig sein, entsprechend den zahlreichen und vielseitigen Funktionen, die dem Nerven obliegen. Wenn auch fast stets die motorischen Erscheinungen im Vordergrund des klinischen Bildes stehen, so kommen doch daneben in vielen Fällen sensible Störungen und vasomotorisch-trophische Erscheinungen vor, die chirurgisches Eingreifen erfordern.

Ob bei einer Verletzung eine Querschnittsläsion mit völliger Unterbrechung der einzelnen Leitungsbahnen oder nur Störungen leichterer Art (Commotio) bei zunächst gleichem klinischen Bilde entstehen, hängt von der Art des Traumas ab, der Dauer seiner Einwirkung, von den anatomischen Verhältnissen des lädierten Nerven und von dem augenblicklichen Spannungszustand, in dem sich der Nerv gerade befindet *(W. Lehmann)*.

Reichte die einwirkende Gewalt (Schuß, Stich, Schnitt, stumpfe Gewalt) aus, den Nerven zu durchtrennen, so verfällt der abgetrennte Nervenstumpf nach dem *Wallerschen* Gesetz der Degeneration als Folge der Trennung vom trophischen Zentrum, der Ganglienzelle, und der Aufhebung des funktionellen Zusammenhangs. Dieser Degenerationsprozeß, der immer in typischer Weise verläuft, ist keiner Nekrose gleichzusetzen, sondern er ist ein Lebensvorgang, der mit der Vorbereitung des Regenerationsprozesses eng zusammenhängt *(Boeke)*.

Zwei Erscheinungen laufen nebeneinander her:
regressive Erscheinungen an der Markscheide und am Achsenzylinder,
progressive Erscheinungen an den Schwannschen Zellen, wozu sich noch Proliferationsvorgänge am Gefäßbindegewebsapparat gesellen.

Die regressiven Vorgänge an der Markscheide bestehen in einer Entmischung des Myelins, am Achsenzylinder zuerst in einer erheblichen Anschwellung und Abblassung gefolgt von einem Zerfall in kleine Teilchen.

Diesen regressiven Veränderungen stehen die progressiven Vorgänge im Bereich der *Schwannschen* Zellen gegenüber. Sie haben die Aufgabe, durch phagocytäre Tätigkeit die Zerfallsprodukte der Markscheide und des Achsenzylinders abzubauen und reif zum Transport durch die Liquorströmung zu machen. Bei dieser Tätigkeit löst sich ein Teil der *Schwannschen* Zellen aus dem syncytialen Verbande und wird

bei den erwähnten Abräumarbeiten verbraucht, der andere Teil aber erfährt eine Rückwandlung zu bandförmigen Streifen, den *Büngnerschen* Bändern.

Das *Wallersche* Gesetz, wonach nur der abgetrennte periphere Stumpf der Degeneration anheimfällt, läßt sich nicht mehr in vollem Umfange aufrechterhalten, da es sich gezeigt hat, daß auch am zentralen Nervenstumpf eine Degeneration mit Zerfall der Markscheide auftritt und zwar bei einfacher Durchschneidung nur in der Umgebung der Wunde (traumatische Degeneration), bei Kontinuitätstrennung schwererer Art (Schußverletzungen), bei unüberbrückbaren Defekten und bei Durchtrennung in Zellnähe, Veränderungen sich auch im Bereich der Ganglienzelle zeigen. Bei dieser retrograden Degeneration tritt also eine Atrophie der zentralen Nervenfaser auf, an der die Markscheiden viel mehr als die Achsenzylinder beteiligt sind. Die Veränderungen an den Achsenzylindern sind viel weniger eingreifend als bei der sekundären Degeneration des peripheren abgetrennten Nervenstumpfes.

Die Regeneration beginnt zwischen dem 2.–4. Tag nach der Läsion. Junge Fibrillen wachsen vom alten Achsenzylinder in das an der Durchschneidungsstelle gebildete Exsudat ein, und zwar geht nach *Spielmeyer* dieser Aussprossung eine Kettenbildung der *Schwannschen* Zellen voraus. Diese Bandfasern vermögen das Narbengewebe an dünneren Stellen zu durchbrechen und bilden so eine „plasmatische Wachstumsbahn". Im peripheren Abschnitt erfolgt eine Vereinigung dieser Bandfasern mit den dort vorsprossenden *Schwannschen* Zellketten. Damit ist den auswachsenden jungen Nervenfibrillen die Möglichkeit gegeben, entlang der so gebildeten Zellreihen in die Peripherie vorzudringen.

Zwei Theorien existieren über das Entstehen der Neurofibrillen:

nach der monogenistischen Auffassung sollen sich die neuen Nervenfasern ausschließlich durch Auswachsen aus dem zentralen Nervenstumpf bilden (Auswachsungstheorie),

nach der polygenistischen Auffassung bilden sich die regenerierenden neuen Nervenfasern an Ort und Stelle durch fibrilläre Differenzierung und fortschreitende Umwandlung der zu den *Büngnerschen* Bändern umgebildeten *Schwannschen* Zellen der alten Nervenfasern, allerdings meistens nur im Anschluß an die Ausbildung der Neurofibrillen im zentralen Nervenstamm. Diese an Ort und Stelle entstehenden Differenzierungsprodukte kommen miteinander zur Verschmelzung und bauen so eine kontinuierliche neue Faser auf (Kettentheorie).

Boeke glaubt den Schluß ziehen zu können, daß es bei der Degeneration und ganz besonders bei der folgenden Regeneration der Nerven-

fasern und der Endorgane nicht auf die Tätigkeit eines einzigen Gewebselementes, der Neurofibrillen, ankomme, sondern daß zum Zustandekommen der Regeneration die harmonische Zusammenarbeit der Nervenfasern, ihrer Scheiden, des Bindegewebes und der Muskelfasern notwendig sei, bis durch gelungene Regeneration die alte Gleichgewichtslage zwischen dem Organismus und dem betreffenden Organ wieder hergestellt ist. Die Regenerationsvorgänge sind demnach die Antwort des Organismus auf die gestörte Kern-Plasmarelation der Zelle, bedingt durch die Abtrennung des peripheren Nerven, der ein Protoplasmaausläufer der Zelle ist.

Für das Verhalten der auswachsenden Neurofibrillen zu den umgebenden Gewebselementen und die Erreichung ihres Endgebietes wird die *His-Forelsche* Neuroblastentheorie mit ihrem Vertreter *Cajal* und die dieser Theorie völlig entgegengesetzte Lehre von *Held* herangezogen. Nach *His-Forel* wachsen die regenerierenden Nervenfasern frei in das Narbengewebe aus, suchen sich ihren Weg zum zentralen Ende des peripheren Nervenabschnittes und bewahren in ihrem ganzen Verlaufe ihre Selbständigkeit und Unabhängigkeit auch dort, wo sie von den *Büngnerschen* Bändern angezogen werden. Sie gleiten nur an deren Oberfläche entlang zu ihren Erfolgsorganen. *Held* glaubt von den Vorgängen bei der embryonalen Nervenentwicklung auf die Vorgänge bei der Regeneration schließen zu können. Die Stelle der Plasmodesmen bei der embryonalen Entwicklung wird von den *Büngnerschen* Bändern eingenommen, in deren Protoplasma die auswachsenden Nervenfibrillen weiterwachsen. Diese plasmatisch und spezifisch gliöse Bahn bildet dann das Substrat für das Wachstum der neuen Nerven.

Auf welche Weise und durch welche Kräfte geleitet erreichen die auswachsenden Nervenfasern durch die Narbe hindurch den peripheren Nervenabschnitt und wie wird die Verbindung mit dem ursprünglichen Endgebiet des durchschnittenen Nerven wiederhergestellt?

Vanlair hat als erster diese Frage zu beantworten versucht. In seinen Experimenten zeigte er, wie wichtig es für die Heilung ist, daß die Nervenenden so gut und so schnell wie nur möglich verbunden werden, damit sich kein straffes und ausgedehntes Narbengewebe bilden kann. Als er die beiden Nervenenden durch ein entkalktes Knochenröhrchen miteinander verband, sah er, wie die neugebildeten Nervenfasern in die *Haverschen* Kanäle des Knochenstückes eindrangen. Daraus schloß er, daß das Auswachsen der Nervenfibrillen richtungslos erfolge und daß diese den Weg des geringsten Widerstandes bevorzugen.

Für die Erscheinungen der autogenen Regeneration hat *Bethe* neben diesen mechanischen Momenten eine Anziehung zwischen den beiden

Nervenstümpfen verantwortlich gemacht. Diese Anziehung war früher schon von *Cajal* vermutet und von *Forßmann* experimentell erhärtet worden.

Nach dieser Auffassung werden von den Elementen des peripheren Nervenabschnittes chemische Stoffe abgeschieden, welche die auswachsenden Nervenfasern anziehen. Dieser Neurotropismus ist also im Grunde ein Chemotropismus und die chemotaktisch wirkenden Stoffe werden nach Vanlair von dem destruierten Myelin und dem Protoplasma der *Büngnerschen* Bänder geliefert.

Forßmann sagte: „Das periphere Nervenstück hat die Fasern herangelockt, diese haben haufenweise der Lockung Folge geleistet und sind geraden Weges zu ihm vorgedrungen. Die Bedeutung des mechanischen Momentes leugne ich in keiner Weise, nur habe ich gezeigt, daß seine Bedeutung bei weitem bescheidener ist, als man früher geglaubt hat. Sie ist unter gewöhnlichen Verhältnissen ganz untergeordnet." Er kommt weiter zu dem Schluß, daß es nicht die in Verfall befindliche Nervensubstanz an sich, sondern die auf eine bestimmte Weise und unter bestimmten Verhältnissen zerfallende Nervensubstanz ist, welche die fragliche Wirkung ausübt. Die Kraft, welche die auf diese Weise zerfallende Nervensubstanz auf die auswachsenden Nervenfasern ausübt, bezeichnet *Forßmann* kurz als positiven Neurotropismus. Da aber der Neurotropismus sich schon auf große Entfernung geltend macht, erscheint es ihm nicht unwahrscheinlich, daß hier ein Chemotropismus vorliegt. In dem Maße, wie die Fasern heranwachsen, nimmt *Forßmann* an, daß die neurotropisch wirksame Substanz entweder durch Resorption oder durch Vereinigung mit den hervordringenden Fasern verschwindet. Dadurch würde dann das Vordringen innerhalb der alten Bahnen leichter verständlich.

Nach *Cajal* sind es besonders die *Büngnerschen* Bänder, die die Locksubstanzen liefern und nicht die Zerfallsprodukte des Myelins. „Es erscheint nötig, *Forßmanns* Hypothese zu modifizieren, indem man die Produktion der Locksubstanzen nicht dem Detritus der alten Tuben zuschreibt, sondern der sekretorischen Tätigkeit der Protoplasmastränge."

Nach *Boecke* ist es besser, den Begriff „Neurotropismus" fallen zu lassen, da „die neueren histologischen Untersuchungen für die so einfache Auffassung des Neurotropismus als ein chemischer Vorgang, der alles erklären soll, nicht günstig sind".

Dustin setzt an seine Stelle den Begriff der Hodogenese, das „Prinzip der Wegstrecke" von *Held*, nach welchem die Regeneration nur dann gelingen kann, wenn durch die Zellen der Umgebung (die Bindegewebszellen der Narbe, die *Schwannschen* Zellen des peripheren Nervenabschnittes) ein leicht zu folgender Weg für die auswachsenden Fasern, ein richtiges Leitgewebe geschaffen wird.

Es wurde früher angenommen, daß beim Zusammenwachsen zweier Nervenstümpfe attraktive Kräfte, über deren Wesen man sich keine klare Vorstellung machen konnte, das genaue Aufeinandertreffen der durchtrennten Nervenfasern bewirken, weil ja sonst die funktionelle Repara-

tion, insbesondere die sensible, im Rahmen der ursprünglichen Lokalisation unverständlich gewesen wäre. Tatsache ist, daß es niemals zur Wiedervereinigung der Stümpfe an funktionell zusammengehörigen Punkten kommt. Ferner glaubte man, daß in der ganz außerordentlichen Anpassungsfähigkeit des zentralen Nervensystems der Grund hiefür zu suchen sei. Die Versuche von *Flourens* (1842) am Huhn (Durchtrennung der beiden Hauptstämme des *Plexus brachialis* und kreuzweise Vernähung) und von *Bethe* (kreuzweise Vereinigung der *Ischiadici* des Hundes) sprechen dafür.

Bethe zieht den Schluß, daß das Anpassungsvermögen des Zentralnervensystems zwar sehr weit geht, aber doch nicht allen Verhältnissen gewachsen sei. Daneben kommt noch ein anderer Faktor in Betracht, der von gleicher Wichtigkeit ist: die Überschußproduktion.

Daß dieser Faktor etwas zu bedeuten hat, vermutete schon *Forßmann*: „Ob ein bestimmter Endapparat durch neuauswachsende Nervenfasern mit derjenigen Ganglienzelle, welcher er ursprünglich angehörte, wieder in Verbindung kommen wird, hängt völlig vom Zufall ab. Die Wahrscheinlichkeit wird etwas vergrößert durch die Eigenschaft der alten Nervenfaser, statt des abgeschnittenen Achsenzylinders, 5–6, manchmal noch mehr Achsenzylinder auszusenden, welche sich ihrerseits wieder vervielfältigen können."

Dadurch, daß sich von den alten Kabeln im zentralen Stumpf eine unübersehbare Menge neuer Nervenfasern abzweigt, wird die Wiederherstellung der richtigen Verbindung zwischen funktionell zusammengehörigen Teilen des zentralen Apparates mit der Peripherie gewährleistet oder zumindest sehr begünstigt. In jedes *Büngnersche* Band des peripheren Stumpfes dringt eine große Zahl von neugebildeten Fasern aus dem zentralen Stumpfe ein, die funktionell von ganz verschiedenen physiologischen Werten sind. Ob sie im weiteren Leben erhalten bleiben, hängt davon ab, ob sie an der Peripherie an ein ihrem physiologischen Wert entsprechendes Erfolgsorgan gelangen *(Bielschowsky)*. Durch diese gewaltige Überschußproduktion ist es möglich, daß selbst ein großer Teil der gebildeten Fasern irre gehen darf, der andere Teil wird sein Ziel erreichen *(Cajal)*. Diese Fasern werden dann die endgültige Ausreifung durchmachen, während die irregegangenen Fasern atrophieren. Durch diese allmähliche „Transformation des Nervenregenerates" erklärt sich die allmähliche Wiederherstellung der normalen Funktion *(Perthes)*.

Der Überschußproduktion im zentralen Stumpfe kommt aber noch ein anderer Faktor zu Hilfe, auf den schon *Forßmann* hingewiesen hat: die fast unbegrenzte Teilungsfähigkeit der Endfäden in der äußersten

Peripherie. Diese Tatsache nötigt zu dem Schluß, daß die motorische und sensible Einzelfaser des zentralen Stumpfes und damit die zugehörige Ganglienzelle bei der Regeneration unter Umständen ein viel größeres Innervationsgebiet erhält als in der Norm.

Wie schnell wachsen die regenerierenden Nervenfasern durch die Narbe hindurch?

Nach Boeke kann man beim Menschen nur aus der funktionellen Heilung seine Schlüsse ziehen, ferner spielen dabei die Regenerationserscheinungen im Endgebiet eine wichtige Rolle und dann sind die Narbenverhältnisse meist so verwickelt, daß hieraus keine zuverlässigen Schlüsse gezogen werden können. Wichtig für die allgemeinen Verhältnisse ist, daß nach den Angaben verschiedener Autoren die verschiedenen Nerven eine konstante Differenz, in der zur funktionellen Heilung nötigen Zeit aufweisen. Am besten regeneriert nach *Dean-Lewis* beim Menschen der *Musculocutaneus*, dann folgen der *Radialis*, *Popliteus internus*, *Medianus*, *Popliteus externus*, *Ulnaris*. Besonders gut regenerieren die Fasern des *Plexus brachialis (Spielmeyer)* langsam die *Vagusfasern*. So fand *Vanlair* beim Hund funktionelle Heilung nach Durchschneidung des *Recurrens* nach elf Monaten, *Longley* bei der Katze nach zwölf Monaten. *Petiocky* sah Regeneration bei Katzen und Hunden schon nach 2–5 Monaten. Bei Versuchen von *Schaefer* wurde kaum ein Erfolg nach 1–2 Jahren erzielt.

Wenn man sich aus den klinischen Ergebnissen einer großen Anzahl von Fällen ein Bild der Regenerationsgeschwindigkeit machen will, kann man die Daten des Report of the Medical Research Council (Great Britain, 1920) heranziehen, aus denen hervorgeht, daß die Nervenfasern manchmal eine Regenerationsgeschwindigkeit von mindestens 2,5 mm pro die erreichen können. *Schaefer* dagegen, der sich die Nerven seines kleinen Fingers durchschnitt oder stark komprimierte, fand im ersten Fall eine Wachstumsgeschwindigkeit von 0,28 mm, im 2. Fall von 0,56 mm pro die.

Dustin gibt für den *Medianus* eine Regenerationsgeschwindigkeit von 2–4,5 mm, für den *Ulnaris* 1,5 mm und für den *Radialis* 4–5 mm pro die an. Bei richtiger Annäherung der Nervenenden wuchsen die Nervenfasern innerhalb 1–2 Monate durch die Narbe hindurch, bei einiger Entfernung oder einem Schaltstück dauerte die Durchwachsung 90–100 Tage. *Dustin* bestimmte die Wachstumsgeschwindigkeit nach dem Auftreten des Ameisenkriechens bei leichtem Druck auf den Nerven.

Bessere Ergebnisse sind im Tierversuch zu erreichen. Nach *Cajal* ist die Regenerationsgeschwindigkeit nicht in allen Regionen gleich, sie wird auch mit der Zeit geringer. Das alles hängt mit Verschiedenheiten der Narbe zusammen. Ist ein großes nekrotisches Segment vorhanden, so beträgt die Regenerationsgeschwindigkeit 0,03–0,04 mm pro Stunde.

Im Narbengewebe fand *Cajal* als mittleren Wert von vielen Berechnungen eine Geschwindigkeit von 0,15–0,24 mm, in einigen Fällen berechnete er eine Geschwindigkeit von 0,30–0,38 mm pro Tag.

Im peripheren Nervenstumpf ist nach *Cajal* die Geschwindigkeit viel größer. Hier fand er Geschwindigkeiten von 2,54 mm täglich.

Harrison, *Lewis* fanden beim Auswachsen der embryonalen Nervenfasern in vitro Geschwindigkeiten von 0,4 mm pro die, in einigen Fällen sogar von 0,001 mm pro Minute.

Lee fand in einem Fall bei Regeneration *sympathischer* Nervenfasern eine aus den Symptomen der funktionellen Heilung geschätzte Geschwindigkeit von 1 mm pro Tag.

Thorburn berichtet, daß das Auswachsen der Achsenzylinder mit einer Geschwindigkeit von 1 mm täglich vonstatten geht, in 200 Tagen würde also eine Nervenfaser vom Handgelenk bis zur Spitze des Zeigefingers, in zwei Jahren von der Mitte des Unterschenkels bis zum Fuße wachsen. Nun schildert derselbe Autor einen Fall, bei dem eine Läsion des Nerven für Mittel- und Ringfinger nahe der Schwimmhaut stattfand und bei dem die Sensibilität erst nach 18 Monaten statt schon nach ungefähr 100 Tagen, wie es der Entfernung und der Wachstumsgeschwindigkeit entsprechen würde, wiederkehrte. *Stopford* fand, daß sich der *Brachioradialis* nach 4,5 und 7 Monaten zu erholen beginnt, je nach dem der *Radialis* im unteren, mittleren oder oberen Drittel des Oberarms lädiert war. Die Heilung dauerte also nur drei Monate länger bei der Verletzung dicht an der Achsel als ganz nahe am Ursprung des Zweiges für den *Brachioradialis*. Ferner fand *Stopford*, daß die Wiederherstellung umso vollkommener ist, je näher die Nervennähte dem Rückenmark liegen. *Stracker* spricht von einer Wachstumsförderung durch die Ganglienzellen, die mit zunehmender Entfernung vom nervösen Zentrum immer mehr abnimmt, ferner erwähnt *Stopford*, daß der Mißerfolg der Naht am Oberarm 12%, am Unterarm 24% der behandelten Fälle ausmacht.

Durch diese kurzen Hinweise wird ersichtlich, daß die Regeneration nicht immer und überall mit genau derselben Geschwindigkeit und Regelmäßigkeit erfolgt, sondern die Wiederherstellung der Funktion einmal rasch, manchmal sogar überraschend schnell geschieht, das andere Mal nur sehr langsam und ungenügend erfolgt.

Die Geschwindigkeit der Regeneration wird weitgehend von der Art der Nervenverletzung beeinflußt. Eine Lähmung kann hervorgerufen werden durch Fernwirkungen (Commotio nervi), durch Quetschung, durch intraneurale Injektionen, durch Vereisung, durch Kontinuitätstrennung. In all den Fällen tritt die *Wallersche* Degeneration ein. Die Geschwindigkeit, mit der die Regeneration erfolgt, ist nicht bei jeder Schädigung gleich. Ein mit dem Thermokauter durchtrennter *Ischia-*

dicus braucht doppelt soviel Zeit zur Restitution als ein scharf durchtrennter (Wärmebeeinflussung der Fibrillen). Von allen Autoren wird hervorgehoben, daß Kriegsverletzungen, besonders durch Granatsplitter, längere Zeit zur Heilung benötigen, als ein scharf durchtrennter Nerv mit anschließender Naht. Am günstigsten liegt die Aussicht auf möglichst rasche und vollständige Regeneration bei Lähmungen, bei denen keine Kontinuitätstrennung stattgefunden hat, also auch keine Narbenbildung möglich ist, die dem Auswachsen der jungen Neurofibrillen aus dem zentralen Stumpf Widerstand leisten könnte. Die Frage, ob bei Lähmungen ohne Kontinuitätstrennung eine Degeneration und Regeneration im Sinne des *Wallerschen* Gesetzes stattfindet, beantwortet u. a. *Barthélemy:* er schließt zunächst daraus, daß die Zeit von 8–12 Monaten, die intravenöse Injektionen von Alkohol oder Osmiumsäure bei Trigeminusneuralgie vorhalten, mit der für eine Nervenregeneration angenommenen Zeitdauer zusammenfällt, es regeneriere sich der mit Injektionen behandelte Nerv.

Den Beweis erbringt *Barthélemy* durch Injektionsexperimente am freigelegten *Ischiadicus* des Hundes und Kaninchens, denen nach verschiedenen Zeiträumen die histologische Untersuchung angeschlossen wurde. Die Regeneration geschieht in solchen Fällen geordneter, ohne Reaktionserscheinungen, besonders ohne Bildung eines Neuroms. Auch *Erlacher* hat eine Leitungsunterbrechung durch chemische Mitte ohne Degeneration nicht beobachtet, immer degenerierte der ganze periphere Nervenabschnitt. Nach *Perthes* sind die Regenerationsbedingungen nach Ausschaltung eines Nerven durch Vereisung die denkbar günstigsten, da keine Kontinuitätsunterbrechung der Nervenfaser stattgefunden hat. Eine Degeneration erfolgt aber immer. *Wiedhopf* fand bei der Vereisung des intakten Kaninchen-*Ischiadicus* die gleichen degenerativen Veränderungen im Nerven wie nach einer Durchschneidung, nur daß die Durchfrierung eine „ultramikroskopisch feine Kontinuitätstrennung" setzt. Es kommt zu einer 4 cm weit über die Vereisungsstelle hinaufreichenden aufsteigenden und zu einer absteigenden Degeneration des gesamten peripher von der Vereisung liegenden Nervenstückes. Die Regeneration beginnt sehr rasch. Nach *Nazarov* entwickelt sich durch Alkoholinjektion im Nervenstamm ein degenerativer Prozeß nekrobiologischen Charakters mit Veränderungen im Achsenzylinder, Markhülle und reparativen Erscheinungen von seiten des Bindegewebes. Alkoholinjektionen stehen der Nervenresektion gleich und geben gute Resultate.

Terauchi untersuchte die Regenerationsgeschwindigkeit nach Vereisung, Alkoholinjektion und Ligatur und fand, daß die motorischen Störungen am schnellsten nach Vereisung schwanden, dann die Fälle mit Alkoholinjektion folgten, bei den Fällen mit Ligatur die Störungen nur langsam wichen. Bei den verschiedenen Methoden bestand kein nennenswerter Unterschied hinsichtlich des ersten Auftretens der trophischen Geschwüre, die Prognose war aber bei den Fällen mit Vereisung und mit

Alkoholinjektionen fast gleich gut, bei den Fällen mit Ligatur war sie schlecht. Da bei den Fällen mit Vereisung die Nerven schon nach drei Stunden bis zu entfernten peripheren Stellen verändert waren, so war die sekundäre Degeneration relativ schnell zu erwarten. Die Nerven waren an den vereisten Stellen schon nach zehn Tagen und an der dieser Stelle am nächsten liegenden Peripherie nach 30 Tagen regeneriert. Bei den mit Alkohol injizierten Nerven begann die Degeneration erst nach acht Stunden, die Regeneration war 40–60 Tage später bis zur Peripherie fortgeschritten, bei den Fällen mit Ligatur war die Regeneration nach 60 Tagen nur bis zu der der Ligatur am nächsten liegenden Peripherie erfolgt. Der Achsenzylinder und die Markscheide regenerieren fast gleichzeitig und wachsen langsam. Während die Besserung der trophischen Geschwüre mit der Nervenregeneration parallel ging, wichen die motorischen Störungen zeitlich vor der Nervenregeneration.

Dodge fand, daß Nervenverletzungen, die durch Quetschung entstanden sind, rascher ausheilen. Eine solche Lähmung war in sechs Wochen vollständig ausgeheilt. Ist der Nerv durchtrennt, so beginnt meist die Funktion 3–4 Monate nach der Naht. *Maekava* beobachtete, daß beim Kaninchen nach Nervenquetschung die Regeneration der Fasern regelmäßiger als nach Durchschneidung erfolgt und daß das Wachstum degenerierter Achsenzylinder im gequetschten *Ischiadicus* bei den verschiedenen Tieren in verschiedenen Zeiträumen stets dieselbe Stelle erreichte.

Maekava stützte sich bei seinen Versuchen auf die früheren Beobachtungen von *Marinesco*, *Ninea* und *Walter*, daß Schilddrüsenexstirpation die Regeneration der Achsenzylinder verlangsamt. In neun Versuchsreihen wurden den Kaninchen mit gequetschtem *Ischiadicus* täglich einmal Thyreoideum siccum mit Wasser durch eine Sonde in den Magen eingeführt. Es handelte sich um Dosen von 0,2–0,1–0,05 –0,02–0,01 g. In einer weiteren Versuchsreihe mit Jodothyrin 1,0–0,5 –0,1 g täglich wurden dieselben Ergebnisse erzielt.

Es zeigte sich, daß bei den größeren Gaben von Schilddrüsensubstanz der Abbau der degenerierten Fasern rascher vor sich geht als bei den Kontrolltieren, daß dagegen die Regeneration der Achsenzylinder bei den Versuchstieren verzögert ist. *Maekava* erklärt dies mit dem allgemein gesteigerten Stoffwechsel und dadurch bewirkter Hyperfunktion der *Schwannschen* Zellen, die Verzögerung der Regeneration mit dem Überwiegen der Dissimilation über die Assimilation.

Bei entsprechend kleineren Dosen Thyreoidin 0,01 g, Jodothyrin 0,1–0,5 g war die Regeneration beschleunigt. Bei ganz kleinen Dosen kommen die erwähnten Stoffwechselstörungen nicht in Betracht, wahrscheinlich kommt hier eine Aktivierung der zu den regenerierenden Fasern gehörigen Ganglienzellen und vielleicht auch der *Schwannschen* Zellen in Frage.

Versuche mit Kalium jodatum, welches angewandt wurde, weil es auf die Funktion der Schilddrüse wahrscheinlich nicht ohne Einfluß ist, blieben ohne Ergebnis. Ebensowenig wurde die Regeneration der Ach-

senzylinder durch Pituitrin, Glandula thymi sicca in verschiedenen Mengen und durch subkutane Injektionen kleiner Mengen von 0,1—0,5 ccm pro die einer 1%igen wässrigen Lösung von Adrenalinum hydrochloricum beeinflußt. Durch tägliche subkutane Injektionen von 0,7–0,1 ccm einer 1%igen Adrenalinlösung bei Tieren mit gequetschten Nerven stellte er jeweils am 10. Tage nach der Operation eine deutliche Verzögerung der Regeneration fest.

Die Prognose einer Nervennaht hängt nach *Walter Lehmann* von dem jeweiligen Nerven, vom Zeitpunkt der Operation und von der Höhe der Verletzung ab. Weiter wäre zu berücksichtigen: Zustand und Alter des Patienten, die Dauer der eventuell vorhergegangenen Eiterungen und der postoperative Verlauf. Kriegsverletzungen sind im allgemeinen ungünstiger zu beurteilen als Friedensverletzungen, weil bei diesen meist glatte Wundverhältnisse vorliegen. Bei Kriegsverletzungen ist die Wucht der Verletzung eine ungleich viel größere, so daß der Nerv sowohl im Verletzungsgebiet schwer geschädigt, als auch weit zentralwärts hin erschüttert wird. Dazu kommt noch die Häufigkeit der Infektion. Langwierige Eiterungsprozesse hemmen Regeneration und Heilung. Ferner ist für die Prognose einer Nervenlähmung die Feststellung wichtig, ob es sich um eine leichte, mittelschwere, oder um die schwerste Form der Lähmung handelt. Bei älteren Individuen liegen die Regenerationsbedingungen ungünstiger als bei jüngeren. Bei Patienten von 20–25 Jahren hatte die Nervennaht in 40,0% der Fälle, von 26–30 Jahren in 42%, von 31–35 Jahren in 25% der Fälle Erfolg. Vom Alter abgesehen mindern Lues, Tuberkulose, Diabetes, langdauernde Eiterungen die Regenerationsfähigkeit aller Gewebe. Trotz Ausschluß all dieser Momente bleibt aber immer noch eine Reihe von Fällen übrig, bei denen all die erwähnten Ursachen ausgeschlossen werden können und dennoch ein Mißerfolg zu verzeichnen ist.

Nach Beobachtungen von *Cajal* gelangen die aus dem zentralen Ende hervorgegangenen Fasern ungefähr 2,5 Monate nach der Operation zum Muskel bei Kaninchen von 2–3 Monaten, in 1–1,5 Monaten bei neugeborenen Kaninchen. *Midana* strangulierte den *Ischiadicus* von Ratten. Nach 4 und 8 Tagen wurde die Zahl und die Länge der neugebildeten Achsenzylinder gemessen. Diese beiden Faktoren sind abhängig von dem Alter der Tiere, bei den jüngsten Tieren wurden die meisten und längsten Fasern gefunden.

Tsunoda führte Injektionen in die Zungenmuskulatur von Kaninchen und Ratten aus. Bei Einspritzung von Silbernitratlösung (1%) war die Entzündung nach 14 Tagen größtenteils zurückgegangen und die Regeneration der Nervenfaser begann. Nach Fremdkörperentzündung, hervorgerufen durch Lycopodiumaufschwemmung begann die Neubildung nach sieben Tagen. Durch Injektion von Tuberkelbazillen führt die folgende Degeneration in 14–21 Tagen zu spurlosem Verschwinden

der Achsenzylinder, Endäste und Endnetze. Ansätze zur Regeneration fehlen hier völlig. Durch Staphylo- und Streptococceninjektion verschwinden im Zentrum der Eiterung die Nervenfasern restlos, am Ende beobachtete *Tsunoda* Quellung, tropfige und körnige Degeneration und Fragmentation. Nach 21 Tagen beginnen marklose, nach 32–35 Tagen markhaltige Fasern zu regenerieren. Bei allen Entzündungen sind die marklosen Nerven, besonders die der Gefäßwände am widerstandsfähigsten, die Endapparate der markhaltigen Fasern aber am empfindlichsten.

Jura resezierte bei Hunden den *Ischiadicus*, vernähte die zwei Nervenenden und infizierte die Nahtstelle mit Staphylococcen, Streptococcen und Coli. Er kam zu dem Ergebnis, daß die peripheren Nerven eine ausgesprochene Widerstandskraft gegen eitrige Prozesse zeigten. Bei seinem Material beobachtete er nach Infektion durch aerobe pyogene Bakterien ständig eine Wiederherstellung des resezierten Nerven. Bei aktiven eitrigen Prozessen trat diese Wiederherstellung etwas verspätet ein. *Babcin* sah eine sehr starke Beeinträchtigung der Nervenregeneration durch Eiterungen.

Seiffert nähte eine *Radialis*durchtrennung in einer schwer jauchenden Wunde, in der Staphylococcen, Streptococcen und grampositive Bazillen gefunden wurden. Die Naht war erfolgreich. Außer der *Radialis*naht führte er noch drei Primärnähte an verschiedenen Nerven in eiternden Wunden aus. Immer konnte er aber nur die anfänglichen Operationserfolge sehen, da er die Patienten aus dem Auge verlor. Nach *Seiffert* eignen sich für dieses Verfahren nur Nerven mit nicht zu tiefer Lage, ein vollständiger Erfolg dürfte freilich nicht immer zu erwarten sein.

Den großen Wert der Nachbehandlung zeigen neben den Erfolgen *Foersters* die Versuche von *Kraus* und *Piontkowskij*. Kraus beobachtete nach *Ischiadicus*durchtrennung beschleunigte Regeneration mittels Röntgenstrahlen und Diathermie. Bei den Versuchstieren ging die Regeneration erheblich schneller vor sich als bei den Kontrolltieren. Die degenerierte Muskulatur erholte sich in relativ kurzer Zeit. Bei allen Tieren trat an der operierten Extremität eine trockene Gangrän ein, die bei den Kontrolltieren rasch fortschritt und zum Verlust des Fußes führte, während sie bei den Röntgentieren fast ausnahmslos mit geringen Defekten abheilte. *Piontkowskij* sah, daß unter dem Einfluß des galvanischen Stromes das mikroskopisch verfolgte Regenerationsbild drei Wochen nach der Durchschneidung, demjenigen des nichtbehandelten Nerven von einer Zeitdauer von zwei Monaten glich. Nach Ablauf von zwei Monaten kann die Regeneration des Nerven, durch histologische Untersuchungen bestätigt, dem Bilde eines normalen Nerven gleichgestellt werden.

Durch eine zielbewußte Nachbehandlung, Massage, Diathermie, Elektrotherapie und Bewegungsübungen kommt *Foerster* bei langer Beob-

achtungszeit auf eine Erfolgsziffer von 96%. In der Zeit, in der der Nerv sich regeneriert, verfallen die Muskeln der Atrophie und die am Erfolgsorgan ankommenden neuen Fibrillen werden daher einen Muskel vorfinden, der nur noch einen Teil seiner ursprünglichen Kraft besitzt. Die ersten Anzeichen aktiver Beweglichkeit werden daher beim atrophierten Muskel länger auf sich warten lassen als bei einem solchen, der durch Nachbehandlung vor zu starker Atrophie geschützt wurde.

Felix stellte am Zwerchfell Versuche über die Einheitsbeziehung von Nerv und Muskel an. Er durchschnitt den *Phrenicus* kurz vor dem Eintritt in das Zwerchfell und pflanzte ihn sofort in geringem Abstande davon wieder ein. Nach dem *Wallerschen* Gesetz verfallen nun der abgetrennte Nervenstumpf und seine motorischen Endplatten der Degeneration. Nach drei Monaten konnte *Felix* eigentätige Bewegungen der neurotisierten Zwerchfellhälfte und neugebildete motorische Endplatten feststellen.

Der Nerv und der zugehörige Muskel stellen eine biologische Einheit dar, die besonders nach mechanischer Unterbrechung in Erscheinung tritt. Das Streben nach Neuherstellung des körperlichen Zusammenhanges ist so stark, daß die auswachsenden, stets im Überschuß produzierten Neuriten, sogar Widerstände überwinden, um zu ihrem Erfolgsorgan gelangen zu können. *Felix* transplantierte ein Stück Pericard und konnte zeigen, daß die Wiedervereinigung der Nervenfasern fast ebenso rasch erfolgt, als bei den Versuchen ohne Einschaltung eines Widerstandes.

Schon *J. Hunter* war es bekannt, daß sich gleichartige Gewebs- und Organteile anziehen. Am schönsten zeigte *Born*, daß die gegenseitige Anziehung eine Eigenschaft aller Organe sei (an Amphibienlarven). *Reverdin* erkannte die Wichtigkeit der gegenseitigen Anziehung von Epithelinseln für die Epithelisierung von Wunden, *Forßmann* wies die Erscheinungen beim Nerven nach und *A. Bier* sieht in der Zielstrebigkeit des Kallus die Ursache der sofortigen formgleichen Regeneration des Knochens.

Felix konnte in beiden Versuchsreihen bereits nach zwei Monaten am Muskel der betreffenden Zwerchfellhälfte Unterschiede erkennen. Der Abschnitt in naher Umgebung der Wiedereinpflanzungsstelle enthält stärkere Muskulatur als die weiter entfernten Zwerchfellteile. Von der 10.–12. Woche ab findet sich konzentrisch um die Implantationsstelle des Nerven normal aussehende Muskulatur angeordnet, im peripheren Teil völliger Muskelschwund. Nach der Implantation des Nerven bleibt also gesunder Muskel umschrieben erhalten, er regeneriert sich nicht, sondern durch die Einwirkung des Nerven wird seine Degeneration verhindert (Degenerationshemmung). Dabei ist es gleichgültig, ob der Nerv direkt in den Muskel implantiert wird, oder ob dieser Nerveneinfluß gleichsam „über einen leeren Raum hinweg", der zwischen Nerven und Muskelelementen eingeschaltet ist (Pericard), wirken muß.

Felix kommt zu dem Schluß: obwohl der nicht degenerierte Muskel so gut wie gesund erscheint, bewegt er sich zunächst nicht, vielmehr

tritt sein aktives Kontraktionsvermögen erst mit Ausbildung der motorischen Endplatten ein.

Es übt also der auswachsende Nerv auf seinen Muskel einen ernährenden Reiz aus (Nutritiver Reiz),

der mit dem Abstand von der Berührungsstelle Nerv—Muskel an Stärke abnimmt,

der unabhängig ist von einer fertigen anatomischen Verknüpfung zwischen Nerv und Muskel,

der sofort nach dem operativen Eingriff beginnt,

und der den Muskel in nahem Umkreis annähernd gesund erhält und nur in dessen entfernten Teilen eine Degeneration erlaubt.

Der Vorgang der Degenerationshemmung bleibt auch erhalten, wenn beim Hunde der *sympathische* Anteil des *Phrenicus* durch Entfernung des *Ganglion stellatum* und durch Lösen des *Phrenicus*stammes aus seinem Lager ausgeschaltet wird. Der ernährende Reiz des nur spinale motorische Bündel enthaltenden Nerven wird allein von der Vorderhornzelle und nicht von autonomen Fasern getragen.

Wenn man den *Phrenicus* nicht sofort in das Zwerchfell, sondern zunächst in einen anderen Muskel und erst nach Ablauf von ein oder mehreren Monaten in das Zwerchfell implantiert, so bleibt die Muskulatur um die Nerveneintrittsstelle kaum mehr erhalten. Fremdinnervation ruft keine Degenerationshemmung des Zwerchfells hervor, gleichgültig ob man einen spinalen oder vegetativen Nerven *(Vagus)* verwendet. Das Ergebnis ändert sich aber, wenn man dem *Vagus* das Einwachsen in den fremden Muskel erleichtert durch Einnähen in den distalen *Phrenicus*stumpf. *Felix* konnte zweimal unter sechs solchen Versuchen den Vorgang der Degenerationshemmung feststellen, Bewegungen des Zwerchfells sah er aber niemals.

Der Vorgang der Degenerationsunterbrechung durch eine nutritive Reizwirkung läßt die, für die praktische Chirurgie bedeutungsvollen Fragen nach Reinnervation gelähmter Muskeln durch Fremdnerven und die Frage nach Spätinnervation gelähmter Muskeln durch den zugehörigen Nerven auftauchen.

Durch seine Versuche konnte *Felix* zeigen, daß die Fremdinnervation eines quergestreiften Muskels durch einen Nerven, der ungefähr dieselben rythmischen Impulse empfängt wie der zugehörige Nerv, keine Degenerationshemmung hervorruft, und daß Spätinnervation keinen trophischen Einfluß mehr auszuüben vermag (Untersuchungen 3–4 Wochen nach Neurotisation).

Dieses Ergebnis klärt nach *Felix* die vielen Mißerfolge der praktischen Chirurgie, wenn sie bestrebt ist, gelähmte Muskulatur neu zu neurotisieren:

schreitet einmal im Muskel die Atrophie und die Degeneration unaufhaltsam nach der Lähmung fort und trifft die Neuinnervation einen solchen in seiner Ernährung geschädigten Muskel, dann bleibt der trophische, erst recht aber der motorische Einfluß aus.

Dieser „nutritive Reiz" tritt an Stelle einer intensiven Nachbehandlung und verhindert gleich dieser eine Atrophie des gelähmten Muskels. Die durch den Einfluß der Degenerationshemmung erhalten gebliebenen Muskelelemente werden sich daher sofort wieder mit ganzer Kraft kontrahieren können, wenn die Regeneration ihrer motorischen Endplatten erfolgt ist. Kommt aber die regenerierende Nervenfaser an einen Muskel, der der Atrophie verfallen ist, so lassen die ersten Anzeichen aktiver Beweglichkeit viel länger auf sich warten.

Nach *Fränkel* wird der Ablauf jeder Regeneration von fördernden und hemmenden Stoffen im Blute gesteuert. Diese vom Blute aus auf die Regenerationsvorgänge wirkenden Steuerungsstoffe (Regenerationshormone) entsprechen der funktionellen Gewebsleistung. *Fränkel* unterscheidet ein plastisches und ein Differenzierungshormon. Das plastische Hormon ist nicht mit den resorbierten Abbaustoffen identisch, seine Wirkung geht aber parallel mit der Menge der resorbierten Abbaustoffe.

Das Differenzierungshormon besitzt drei Wirkungsmöglichkeiten: Hemmung des Wachstums, Beschleunigung der Differenzierung und Beschleunigung der Abbauvorgänge. Das plastische Hormon sensibilisiert das Regenerat für das Differenzierungshormon, das nach *Fränkel* direkt aus dem plastischen Hormon umgebildet wird.

Die Wirkungen der Hormone sind auch wandelbar und zwar hängen sie ab von der „Stimmung" des regenerierenden Gewebes.

Nach *Foerster* ist der degenerierende periphere Nervenabschnitt mehr als ein Leitband, mehr als eine Gleitbahn, für die aus dem zentralen Nervenstumpf auswachsenden Fibrillen. Nach ihm nimmt er aktiv an der Regeneration teil, nicht nur dadurch, daß seine *Schwannschen* Zellketten den Neurofibrillen des zentralen Stammes fortwährend Baumaterial liefern und daß die Neurofibrillen sich auf Kosten der *Schwannschen* Zellen vergrößern und fortgesetzt verlängern, sondern *Foerster* nimmt an, daß sich in den *Büngnerschen* Bändern durch Differenzierung mindestens Vorstufen neuer Nervenfasern bilden können und spricht von der Möglichkeit einer direkten Bildung vollwertiger Nervenfasern im abgetrennten peripheren Nervenstamm. Dadurch kann dann, je nach dem Ausmaß dieser Differenzierungsvorgänge der Restitutionsvorgang verschieden schnell einsetzen, die zentralen Nervenelemente brauchen sich dann nur mit den präformierten peripheren Differenzierungsprodukten vereinigen und, wenn überhaupt noch nötig,

diese durch einen „histodynamischen Einfluß" zu funktionell vollwertigen Nervenfasern umbilden. Bei allen Fällen, wo *Foerster* auf Grund der elektrischen Erregbarkeit des völlig abgetrennten Nervenendes eine derartige Regeneration annahm, konnte er nach erfolgter Naht eine auffallend rasche Restitution beobachten (Autogene Regeneration).

Nicht damit zu verwechseln sind die in der Literatur öfters erwähnten Fälle sogenannter Schnellheilungen. Verschiedene Autoren berichten, daß die Wiederkehr der Funktion sich schon einige Wochen, Tage, ja sogar Stunden nach erfolgter Nervennaht einstellte. Bei kritischer Betrachtung dieser Fälle zeigte einmal *Ranschburg*, daß wahrscheinlich der betreffende Nerv gar nicht durchtrennt war, sondern daß eine Verwechslung mit einem anderen Nerven vorlag. Der scheinbar lädierte motorische Nerv war durch die einwirkende Gewalt gar nicht durchtrennt worden, sondern er hatte nur eine Commotio erlitten, die in kurzer Zeit zurückging. Die Naht des vermeintlich motorischen Nerven wurde an einem Hautnerven vorgenommen.

Vor allen Dingen ist bei solchen Schnellheilungen neben Ersatzbewegungen an abnorme Innervation durch andere Nerven zu denken.

Foerster erwähnt einen Fall von Schnellheilung des *Ischiadicus*, der von *Thiemann* mitgeteilt wurde, weil bis jetzt von einer abnormen Innervation des *Ischiadicus*gebietes durch andere Nerven anatomisch absolut nichts bekannt ist, für einen bisher einwandfreien Fall von wirklicher Schnellheilung.

Es handelte sich um eine zwei Monate nach der Verwundung ausgeführte Naht des *Ischiadicus* nach vorheriger Resektion eines Neuroms aus der Kontinuität des Nerven. Am Ende der 2. Woche konnte der Patient die Zehen bewegen, nach drei Wochen aktive Zehen- und Fußbewegungen ausführen, nach dreieinhalb Wochen war in allen vom *Tibialis* und *Peroneus* versorgten Muskeln willkürliche Bewegung nachweisbar.

Nach drei Monaten bestand vollkommene normale Beweglichkeit des ganzen Fußes, keinerlei Störungen der Sensibilität für Berührung und Schmerz.

Aus seinem eignen Material führt *Foerster* eine *Medianus*naht an mit einem Restitutionsbeginn nach zwei Wochen. Die gleiche Inkubationszeit beobachtete er auch bei einer *Ulnaris*naht, während er beim *Radialis* den frühesten Beginn der Restitution nach sechs Wochen und bei den anderen Nerven nach acht Wochen feststellen konnte.

Umgekehrt werden auch Fälle in der Literatur beschrieben, bei denen eine abnorm lange Zeit verstrich, bis sich die ersten Anzeichen beginnender Restitution bemerkbar machten, so z. B. sah man bei einer *Radialis*naht die ersten Anzeichen der Heilung nach 45 Monaten, einmal sogar erst nach zehn Jahren, beim *Ulnaris* nach zwei Jahren, beim

Ischiadicus nach 2,5 Jahren. Läßt man die mitgeteilten Fälle abnormer Schnellheilungen, sowie abnormer Spätheilungen unberücksichtigt, so findet man beim Vergleich der von den verschiedenen Autoren angegebenen Inkubationszeiten der einzelnen Nerven nicht vollkommen übereinstimmende Werte, aber doch Werte, die mehr oder minder um einen Mittelwert schwanken.

So beträgt die Inkubationszeit der Heilung nach *Perthes* bei Nervennaht am Oberarm etwas mehr als sechs Monate, Nervenläsionen der unteren Extremität bessern sich nach seinen Angaben nie vor Ablauf eines Jahres, es ist aber durchaus möglich, daß sich an der oberen Extremität der wiederkehrende Erfolg erst nach mehr als einem Jahr, an der unteren Extremität nach mehr als zwei Jahren zu melden beginnt. Das endgültige Resultat der Nervennaht kann für die Nerven der oberen Extremität frühestens im 3. Jahr, für die der unteren Extremität erst im 4. Jahr nach der Operation beurteilt werden.

Stracker gibt als Durchschnittswert für Restitutionsbeginn nach Naht des *Radialis* neun Monate, nach Naht des *Ischiadicus* 15 Monate an.

Für die gleichen Nerven gibt *Foerster* als durchschnittlichen Beginn fünf, bzw. sieben Monate an.

Alle Autoren sind sich darin einig, daß die Regenerationskraft der Nerven der oberen Extremität im allgemeinen größer ist als die der unteren Extremität. Von den Armnerven regeneriert der *Radialis* schneller als die anderen Armnerven, an der unteren Extremität regeneriert der *Tibialis* bedeutend besser als der *Peroneus*.

Nicht jede totale Lähmung beruht auf einer Kontinuitätsunterbrechung des peripheren Nerven. In einer sehr großen Zahl von Nervenlähmungen durch Druck, Zerrung oder Geschosse beobachtet man spontane Restitution ohne jede Behandlung nach Tagen oder wenigen Wochen, wobei charakteristisch ist, daß die Wiederherstellung der Leitung in allen gelähmten Muskeln annähernd gleichzeitig erfolgt: die Gesamtfunktion ist eines Tages wieder da. Infolge der Kürze der bestehenden Lähmung und der raschen Funktionsrückkehr liegt diesen Läsionen keine tiefgreifenden Veränderungen zu Grunde, also keine Degeneration und anschließende Regeneration der Nervenfaser, sondern der Nerv hat unter dem Trauma eine rasch reversible Leitunfähigkeit an der Stelle der Läsion erlitten. Sehr viele Schußverletzungen des Krieges, die Erfahrungen auf diesem Gebiete wurden ja vornehmlich im Verlauf des letzten Krieges an der großen Zahl der Nervenverletzungen gesammelt, zeigten diese spontanen Restitutionen.

In dem vom Schuß geschädigten Körperteil unterscheidet man einen dem Schußkanal entsprechenden Kern und ein um den Schußkanal gelegenes mantelförmiges Gebiet, in dem Nerven wie auch andere Gewebe

geschädigt werden, ohne selbst vom Geschoß getroffen zu sein: das Gebiet der Fernschädigung.

Im Kerngebiet ist der Nerv zerrissen oder gequetscht, eine spontane Restitution ist also unmöglich, der periphere Teil verfällt der Degeneration.

In der inneren Zone des Mantelgebietes besteht schwere Fernschädigung des Nerven mit sekundärer Degeneration und nachfolgender Regeneration, da aber keine Kontinuitätstrennung stattgefunden hat, erfolgt nach gesetzmäßiger Frist und nach gesetzmäßigem Typus Wiederkehr der Funktion wie bei Nervenvereisung oder Nervennaht.

In der äußeren Zone des Mantelgebietes besteht nur eine leichte Fernschädigung ohne Degeneration des Nerven mit rascher spontaner Wiederkehr der Funktion. Da die Zone der Fernschädigung aber viel größer ist als der Schußkanal, so ergibt sich als Folge die relativ große Häufigkeit spontaner Heilungen der Nervenschußverletzungen.

Mit dieser Überlegung stimmen die Erfahrungen *Foersters* überein. Von 2160 Fällen, deren Verlauf bekannt ist, kam es in 60% zu einer Heilung auf motorischem Gebiete, 30% wurden gebessert, bei 10% war von einer Restitution nichts zu merken. Auf Grund dieser Resultate kommt *Foerster* zu dem Schluß, daß man in bezug auf die Indikationsstellung zum operativen Eingriff sehr vorsichtig sein soll: „Zahlreiche Fälle mit anfänglich totaler Lähmung, kompletter Entartungsreaktion und einer für die völlige Leitungsunterbrechung charakteristischen Sensibilitätsstörung weisen früher oder später doch eine vollkommene spontane Restitution auf. Allerdings nimmt diese oft viele Monate in Anspruch und die Mehrzahl der Fälle habe ich erst nach Jahresfrist oder noch viel später spontan völlig ausheilen sehen."

Nicht der kurze Zeit nach der Verletzung erhobene status präsens ist für *Foerster* maßgebend, sondern einzig und allein der Verlauf des Falles. Auf diesen Standpunkt stellen sich u. a. noch *Wexberg*, *Spielmeyer*.

Wexberg beantwortet die Frage, wann eine spontane Restitution als ausgeschlossen zu betrachten sei, mit „niemals". Spontane Besserung kann acht Monate nach der Verletzung, ja noch später eintreten. Nach seinen Erfahrungen liegt der Zeitpunkt, von dem angefangen eine spontane Restitution unwahrscheinlich ist, am Ende des 4. Monats. Die Frühoperation hält er weder für nötig noch für empfehlenswert. Er verweist auf eine Mitteilung *Strackers*, die besagt, daß sich unter 74 Resektionen 30 befanden, „bei denen die Indikationsstellung der neurologischen Untersuchung eine völlige oder teilweise Unterbrechung erwarten ließ, die Ausschneidung der Narbe aber nach dem histologischen Befund wegen der großen Zahl der regenerierten Nervenfibrillen besser unterblieben wäre". Von seinen Fällen besserten sich in den ersten drei Monaten nur eine *Ischiadicus*verletzung, dagegen sieben *Radialis*verletzungen. Da aber isolierte *Ischiadicus*- und *Radialis*verletzungen annähernd gleich häufig vorkommen, spricht dies für die langsamere Regeneration des *Ischiadicus*.

Im Gegensatz dazu fordern u. a. *Borchardt*, *Stoffel*, *Bruns*, *Kirschner*, *Lewandowsky*, daß alle totalen Lähmungen mit totaler Entartungsreaktion ohne Rücksicht auf die zwischen der Verletzung und der Untersuchung verflossenen Zeit operiert werden sollten, sobald die Schußwunde abgeheilt ist, einige operieren sogar noch bei granulierender und sezernierender Wunde.

Die Wartezeit, gerechnet vom Tage der Verletzung, schwankt bei den verschiedenen Autoren von zwei Wochen bis acht Monate.

Lewandowsky wartet 4–8 Wochen, *Kirschner* 6 Wochen, *Ranschburg* und *Spielmeyer* 3–4 Monate, *Foerster* 4–6 Monate.

Die statistischen Zusammenstellungen von *Foerster* ergeben für reine Nähte den Prozentsatz der Heilungen bei einem Intervall von 1–3 Monaten 68,7 — von 4–6 Monaten 63. Erst vom 7. Monat ab macht sich ein erhebliches Absinken der prozentualen Heilungen bemerkbar.

Nach *Lehmann* ergeben die innerhalb der ersten zwei Monate ausgeführten Nervennähte nach Schußverletzungen eine Heilung von fast 100%, nach 3–6 Monaten etwa 60%, während zwischen dem 7. und 12. Monat die Heilung nur noch etwa 30% ausmacht. Diese letzte Zahl stimmt mit der Angabe von *Foerster* ungefähr überein, wonach bei einem Intervall von 11–30 Monaten der Prozentsatz der Heilungen 32 beträgt.

Babcin glaubt, daß die Erfolge um so günstiger sind und um so schneller erzielt werden, je früher die Naht vorgenommen wird. Die primäre Naht ist deshalb am zweckmäßigsten, falls sie nicht möglich ist, ist sie 2–3 Monate nach der Wundheilung vorzunehmen.

Nach *Berntsen* ist der günstigste Zeitpunkt für die sekundäre Naht etwa sechs Monate nach der Verletzung. Die Wiederkehr der Funktion läßt dann 6–10 Monate auf sich warten, in einzelnen Fällen kommt sie erst nach 1–2 Jahren. Er behauptet, daß die Amerikaner die Naht neun Monate nach der Verletzung ausführen.

Da die Ergebnisse der Statistiken zeigen, daß es erlaubt ist, einige Zeit mit der Nervennaht zu warten, glaubt *Spielmeyer* ruhig die Naht 3–4 Monate aufschieben zu können. Er führt *Oberndörffers* Statistik an, wonach die primäre Naht schlechtere Ergebnisse als die sekundäre Naht aufweist. Es sei gar nichts dagegen zu sagen, wenn *Lewandowsky* erklärt, es sei in gewissen Grade Temperamentssache des Operateurs, ob man sich zur Früh- oder Spätoperation entschließt. Über den sechsten Monat hinaus sollte man aber nicht warten, da sich die Aussichten des Erfolges der Naht nach Ablauf des sechsten Monats wesentlich verringern.

Wenn es auch durch zahlreiche Beispiele erwiesen ist, daß selbst jahrelang nach der Durchtrennung angelegte Nervennähte zu einer völligen Wiederherstellung der Leitung geführt haben — *Tillaux* führt eine erfolgreiche Naht nach 14 jährigem Intervall, *Cervera* nach elf

Jahren, *Spielmeyer* zwei Jahre nach *Peroneus*verletzung aus — so steht doch die Prognose der Funktionswiederherstellung zu der seit der Verletzung verstrichenen Zeit in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis *(Kirschner)*.

Stoffel, *Bruns* glauben zu dem Ergebnis zu kommen, daß die Größe des Heilerfolges sich umgekehrt proportional zur Länge der Zeit verhalte, die zwischen Verletzung und Operation liegt, bei zu langem Warten man sich der Gefahr aussetze, daß die Regenerationskraft des Nerven nachgelassen hat, die Atrophie der Muskeln immer größer geworden ist, durch Überwiegen der Antagonisten sich immer stärkere Kontrakturen ausgebildet haben, so daß die Chancen für die Wiederherstellung immer geringer geworden seien.

Perthes meint, daß das Verletzungsalter keinen solch maßgebenden Einfluß auf die Prognose einer Nervennaht habe. Er habe noch acht und neun Monate nach der Verletzung Nervennähte mit positiven Resultat ausgeführt und es habe sich bis jetzt nicht erweisen lassen, daß der Prozentsatz der Erfolge bei den innerhalb der ersten vier Monate operierten Fälle wesentlich größer sei, als bei den später operierten. Allerdings käme nach den, erst acht oder neun Monate nach der Verwundung operierten Fällen der Erfolg wesentlich später als nach den Fällen des gleichen Nerven, bei denen frühzeitiger operiert wurde.

Je mehr rumpfwärts die Schädigung, je länger also die zu regenerierende Nervenstrecke, um so ungünstiger sind die Heilaussichten. Die schlechte Prognose der proximal gelegenen Nähte, speziell der *Plexus*nähte, wird von vielen Autoren hervorgehoben, *Lehmann* sieht bei *Radialis*nähten in der Achselhöhle 33,4%, bei Nähten im mittleren und unteren Drittel des Oberarmes 75%, bei *Ischiadicus*nähten in der Regie glutaea 33,4%, bei Nähten im mittleren Drittel des Oberschenkels 66,6% Erfolge. Die Höhe der Verletzung ist also nicht gleichgültig für die Nahtprognose. *Lehmann* glaubt weiter, daß die Naht von *Wurzel*- und hohen *Ischiadicus*durchtrennungen prognostisch als weniger günstig betrachtet werden muß. Je weiter ein Nerv nach der Mitte seines Verlaufes zu getroffen ist, desto zuversichtlicher dürften wir dem Nahterfolg entgegensehen. Er hat den Eindruck, daß den ganz peripheren Verletzungen, etwa denen des *Ulnaris* und *Medianus* im Handgelenk, oder des *Tibialis* im unteren Drittel des Unterschenkels, durchaus nicht eine, der zunehmenden Entfernung proportionale Besserung entspricht, sondern daß im Gegenteil die Chancen hier wieder schlechter werden, indem die Regenerationskraft in den peripheren Abschnitten wieder abnimmt (schlechte Blutversorgung?) Auch von *Stracker* wurde beobachtet, daß bei seinen sechs ganz distal gelegenen *Ulnaris*nähten

überhaupt kein Erfolg eintrat. Er nimmt an, daß die Regenerationskraft der Nervenfasern mit dem Abstand der Läsionsstelle vom Rückenmark deshalb immer mehr abnimmt, weil die Wachstumsförderung durch das trophische Zentrum, also durch die Ganglienzelle mit zunehmender Entfernung immer schwächer wird.

Im Gegensatz zu der Auffassung, daß ganz proximal gelegene Nervennähte schlechte Heilungstendenz zeigen, stehen die Beobachtungen von *Perthes*, *Ranschburg*, der mehrere erfolgreiche *Plexus*nähte mitteilt, von *Spielmeyer*, der einen Fall mitteilt, bei dem die Hauptstränge des *Plexus brachialis* genäht wurden und bei dem alle Bewegungen des Armes, sogar die feineren Fingerbewegungen bereits nach vier Wochen wiederhergestellt waren, gegenüber. Auch *Foerster* kommt zu dem Ergebnis, daß die Prognose der *Plexus*läsionen nicht schlechter ist als die bei peripheren Nervenlähmungen. Seine schlechteren Erfolgsergebnisse bei *Plexus*nähten im *Radialis-*, *Medianus-* und *Ulnaris*gebiet glaubt er durch die kürzere Beobachtungszeit erklären zu können. Nur bei seinen *Ischiadicus*nähten war der Prozentsatz der Heilungen bei hohem Sitz bedeutend kleiner als bei denèn mit tiefem Sitz. Ferner soll nach dem *Etzoldschen Gesetz*, speziell bei *Plexus*lähmungen die Prognose der Naht deshalb schlechter sein, weil durch das Trauma die retrograde traumatische Degeneration bis in die Ganglienzelle des Rückenmarks heranreiche und hiebei soll die Regeneration manchmal ganz ausbleiben.

Im mikroskopischen Präparat blaßt die chromatophile Substanz im Bereich des Zellkörpers der Ganglienzelle ab und löst sich in eine staubartige Masse auf. Am 3. Tag nach dem Trauma greift der Prozeß auch auf die Nißl-Schollen der Dentritten über, die Zelle rundet sich ab, die Zellfortsätze schwinden, der Zellkern rückt vom Zentrum an die Peripherie und veranlaßt eine buckelförmige Vorwölbung der benachbarten Randzone. Je zellnäher die Durchtrennung erfolgt, um so stärker treten die Reaktionserscheinungen an der Ganglienzelle auf, die auch mit dem Zerfall der Ganglienzelle enden können.

Das Tempo der Regeneration hängt in weitestem Maße mit diesen Veränderungen zusammen. Bleibt nach einer Läsion eine Restitution aus, so ist wohl anzunehmen, daß die retrograde traumatische Degeneration mit dem Zerfall der Ganglienzelle geendet hat.

Interessant sind die Untersuchungen des schwedischen Forschers *Agduhr* über eine, durch zweckmäßige Übungen mögliche postembryonale Vermehrung der Neuronen zum Ersatz der durch Entzündung oder Verletzung verloren gegangenen.

Er zeigte, daß beim trainierten Tier die in den verschiedenen Segmenten des Rückenmarkes in Reserve ruhenden kleinen Ganglienzellen sich weiterentwickeln, einen Achsenzylinder aussenden und so ein zugehöriges Funktionsgebiet zu übernehmen vermögen.

Sollte diese Übernahme der Funktion durch ruhende Ganglienzellen auch beim Menschen möglich sein, so kann man wohl annehmen, daß einmal diese Zustandsänderung längere Zeit beansprucht als ein einfaches Auswachsen von Neurofibrillen aus dem erhalten gebliebenen alten zentralen Nervenstumpf, zum anderen dürfte ein entwicklungsfördernder Reiz angenommen werden, der die Auslösung dieser Umgruppierung im Rückenmark bewirkt und der in seiner Intensität in weitestem Maße vom Willen, also von der Persönlichkeit des Patienten abhängt.

Die Erfolge der Nervennaht sind nach den einzelnen Autoren sehr verschieden.

Die niedrigste Prozentzahl gibt *Herzog* an, die höchste *Foerster*. *Herzog* sah 12,5% Erfolge und *Foerster* 96%. Dazwischen liegen *Pelz* und *Roeper* mit 22%, *Ranschburg* mit 36%, *Wexberg* mit 54%, *Spielmeyer* und *Borchardt* mit 59%, *Stoffel* mit 62%, *Perthes* mit 66%, *Stracker* mit 75%, *Moro* und *Hofmann* mit 82% Erfolgen.

Als Gesamtergebnis kann man also 60% Erfolge und 40% Mißerfolge buchen.

Die Heilungsergebnisse der einzelnen Nerven sind auch sehr verschieden.

So behaupten *Borchardt*, *Stoffel*, *Lehmann*, daß der Nerv mit der besten Prognose der *Radialis* sei. *Foerster*, *Wexberg*, *Stracker* reihen den *Radialis* erst später ein und glauben, daß hinsichtlich der Prognose der *Musculocutaneus* an erster Stelle stehe. Der *Ischiadicus* bietet nach den Angaben aller Autoren die schlechtesten Heilungsaussichten, während *Stracker* betont, daß der *Peroneus* vielfach ein schlechtes Prognostikum gestellt bekommt, das aber auf ungenügend langer Beobachtung der Fälle beruhe. *Foerster*, der immer betont, daß man sehr lange Zeit beobachten muß, um ein einigermaßen einwandfreies Resultat zu erreichen sieht bei *Peroneus*nähten nur 6,2% Mißerfolge.

Die Reihenfolge der Heilungstendenz der einzelnen Nerven ist nach *Foerster*, *Stracker*, *Ranschburg*, *Spielmeyer*, *Stoffel*, *Lehmann*, *Borchardt*, *Perthes* folgende:

Foerster:

Musculocutaneus 86,4%, *Axillaris* 81,2%, *Peroneus* 62,5%, *Tibialis* 60%, *Radialis* 56%, *Ulnaris* 44%, *Medianus* 41%, *Ischiadicus* 34%.

Stracker:

Ischiadicus 100%, *Medianus* 83%, *Personeus* 80%, *Tibialis* 75%, *Ulnaris* 57%.

Ranschburg:

Radialis 52%, *Tibialis* 39,5%, *Musculocutaneus* 36%, *Ulnaris* 33%, *Medianus* 27%, *Axillaris* 25%, *Personeus* 17%.

Spielmeyer:

Radialis 34%, *Medianus, Ulnaris* 25%, *Peroneus* 22%, *Ischiadicus* 5%.

Stoffel:

Radialis 68%, *Tibialis* 60%. *Medianus* 50%, *Ulnaris* 40%, *Peroneus* 20%.

Lehmann:

Radialis 61%, *Ischiadicus* 38%, *Medianus* 36%, *Ulnaris* 27%, *Peroneus* 0%.

Borchardt:

Radialis 75%, *Medianus* 67%, *Ulnaris* 33%, *Ischiadicus* 20%.

Perthes:

Ischiadicus 83%, *Medianus* 73%, *Radialis* 72%, *Ulnaris* 64%, *Tibialis* 57%, *Perroneus* 0%.

Als Gesamtergebnis ergibt sich folgende Reihenfolge *(Foerster)*: *Musculocutaneus* 82%, *Axillaris* 79%, *Radialis* 72%, *Ischiadicus* 70%, *Medianus* 69%, *Ulnaris* 57%, *Tibialis* 46%, *Peroneus* 38%.

Nach *Wexberg* ergibt sich aus der Zahl der Besserungen überhaupt, mit dem günstigsten angefangen diese Reihenfolge:
Tibialis, Medianus, Musculocutaneus, Axillaris, Ulnaris, Radialis, Peroneus, Ischiadicus,
aus der Zahl der bedeutenden Besserungen, die zum großen Teil von der Schnelligkeit der Regeneration abhängt:
Radialis, Musculocutaneus, Peroneus, Tibialis, Medianus, Ulnaris, Ischiadicus, Axillaris.
Die große Zahl der bedeutenden Besserungen beim *Radialis* bei relativ hoher Mißerfolgsziffer läßt sich dahin deuten, daß zwar viele *Radialis*-verletzungen ungeheilt bleiben, daß aber die gutartigen Fälle, wenn einmal die Regeneration eingesetzt hat, rasche Fortschritte machen.

In vollem Gegensatz dazu steht der *Medianus*, dessen Verletzungen in 80% der Fälle heilen, aber nur langsame Fortschritte machen.

Tenani, *Ranschburg* u. a. nahmen an, daß die *Radialis*naht eine bessere Prognose hätte als z. B. die *Peroneus*naht. Die Autoren späterer Arbeiten kommen aber zu dem Ergebnis, daß wohl ein Unterschied in der Zeit bestehe in der einzelne Nerven oder Muskelgruppen wieder zur Funktion zurückkehren, nicht aber, daß sich einzelne Nerven überhaupt ablehnender gegen eine Heilung im physiologischen Sinne verhalten als andere. In seinem Material konnte er nachweisen, daß es nach Ablauf von drei Jahren keinen Unterschied in den Nahterfolgen der einzelnen Nerven gibt *(Spitzy)*.

Schäfer meint, daß es namentlich von Kriegsverletzungen her eine bekannte Erfahrung ist, daß sich der *Radialis* am schlechtesten und langsamsten regeneriert. Aus den Arbeiten von *Küttner*, *Heidrich*, *Oppenheim* und vielen anderen Autoren ist es bekannt, daß 40 Monate nach Naht beim *Radialis* noch Regeneration beobachtet wurde.

Für die Prognose einer Nervennaht ist es durchaus nicht gleichgültig, ob der Nerv vorwiegend motorische Fasern enthält, oder ob die sensiblen oder vasomotorisch-trophischen Fasern, deren Vorhandensein von *Felix* als sehr unsicher bezeichnet wird, überwiegen *(Lehmann)*. Es zeigt sich, daß die motorischen Fasern am besten regenerieren, die sensiblen schlechter, am refraktärsten verhält sich die vasomotorische Faser.

Der Gehalt an motorischen Fasern ist allein natürlich nicht ausschlaggebend, sondern das Kaliber eines Nerven muß auch ein breites Aneinanderliegen des Nervenquerschnittes ermöglichen. Deshalb ist die Nahtprognose rein motorischer aber dünner Nerven, wie des *Accessorius* oder des *Musculocutaneus*, nicht so günsig. Wichtig ist ferner noch eine gute Blutversorgung.

Erlacher stellte Untersuchungen über das Verhältnis motorischer und sensibler Fasern im Nerven an.

Das Verhältnis der motorischen zu den sensiblen Fasern ist beim *Radialis* 13:7, dann folgen *Tibialis* 19:15, *Medianus* 11:9, *Ischiadicus* 27:27, *Ulnaris* 9:10, *Peroneus* 8:12.

Hoffmann stellte genauere Untersuchungen über die Blutversorgung des *Peroneus*gebietes an und fand, daß es im Vergleich zum *Tibialis*gebiet geradezu stiefmütterlich mit Blutgefäßen versehen sei.

Wie die Prognose bei den verschiedenen Nerven schwankt, so zeigt sich auch eine ganz erhebliche Differenz, sowohl für den Beginn der Restitution, als auch für die Dauer der völligen Heilung.

Foerster errechnet als durchschnittlichen Beginn der Restitution beim *Medianus* eine Inkubationszeit von 3,2 Monaten, beim *Ulnaris* von 3,5, beim *Musculocutaneus* und *Axillaris* von 4, beim *Tibialis* von 4,1, beim *Radialis* von 4,2, beim *Peroneus* von 6,5, und beim *Ischiadicus* von 7 Monaten. Durchschnittlich darf man also nach 5,5 Mo-

naten den Restitutionsbeginn erwarten, doch gibt *Foerster* für die einzelnen Nerven Fälle an, bei denen er einen wesentlich früheren und auch wesentlich späteren Restitutionsbeginn feststellen konnte.

Nach *Radialis*naht beobachtete er 11 Fälle, die im 2. Monat und 1 Fall, der im 12. Monat Restitutionsbeginn zeigten,

nach *Medianus*naht 5 Fälle, die in der 3. und 4. Woche, und 1 Fall, der sich nach 8 Monaten restituierte,

nach *Ulnaris*naht 1 Fall, der nach 2 Wochen und 1 Fall, der nach 8 Monaten,

nach *Musculocutaneus*naht frühestens nach 1 Monat und spätestens nach 7 Monaten,

nach *Personeus*naht frühestens nach 2 Monaten und spätestens nach 12 Monaten,

nach *Tibialis*naht frühestens nach 2 und spätestens nach 8 Monaten,

nach *Ischiadicus*naht frühestens nach 2 und spätestens nach 12 Monaten sich restituierte.

Spielmeyer sah eine überraschende schnelle Wiederkehr der Funktion nirgends. Bei seinen günstigsten Fällen begannen erste Bewegungen 7–8 Wochen nach der Naht, sonst durchschnittlich nach 13–14 Wochen. Er führt an, daß diese Fälle besonders günstig seien, da man aus der Friedensstatistik weiß, daß man auf eine erfolgreiche Regeneration eines der Armnerven bzw. auf die Wiederherstellung der Funktion durchschnittlich fast ein Jahr warten muß.

Als Dauer der Inkubation gibt *Spielmeyer* 6 Monate an, er sah aber schon zweimal 5 Wochen nach *Radialis*naht die Wiederkehr der Handstreckung, andererseits sah er bei *Ischiadicus*nähten erst nach 2–2,5 Jahren Wiederkehr der Funktion. So besserte sich bei einer *Ischiadicus*naht der *tibiale* Anteil erst nach 23 Monaten. Eine *Ulnaris*naht ließ 2 Jahre auf die ersten Anzeichen eines Erfolges warten.

Marburg gibt den frühesten Termin mit 7 Wochen, den spätesten mit 8 Monaten an.

Cassirer bezeichnet die Dauer der durchschnittlichen Inkubation bei *Radialis*nähten mit 5–6 Monaten, bei *Peroneus*nähten mit 9 Monaten, bei *Medianus-*, *Ulnaris-*, und *Ischiadicus*nähten mit 12–15 Monaten.

Perthes beobachtete an der oberen Extremität eine Dauer von etwas über 6 Monaten, bei einer *Radialis*naht von 11 Monaten. Bei *Ischiadicus*nähten kehrte die Funktion nicht vor 12 Monaten zurück, bei einer *Ischiadicus*naht erst nach 2 Jahren.

Auerbach erklärt die Inkubationszeit für 2–3 Monate.

Stoffel für 5–6 Monate, manchmal sah aber *Stoffel* auch erst nach 1,5–2 Jahren Besserung.

Stracker stellt als frühesten Restitutionsbeginn bei *Radialis*naht 1 Monat, als durchschnittlichen 9 Monate und als spätesten 23 Monate fest. 20 von 31 *Radialis*nähten begannen sich zwischen dem 5. und 9. Monat zu bessern. Bei *Medianus*naht ist der früheste Termin ebenfalls 1 Monat, der durchschnittliche 9,3 und der späteste 21 Monate. Bei *Ulnaris*naht ist der früheste Termin 3 Monate, der durchschnittliche 11,

der späteste mehr als 2 Jahre. Bei *Peroneus*naht ist der früheste Termin 3 Monate, der späteste mehr als 2 Jahre. Bei *Ischiadicus*naht ist der früheste Termin 7 Monate, der durchschnittliche 15 Monate und der späteste ebenfalls mehr als 2 Jahre.

Ranschburg kommt zu folgendem Ergebnis:
von 152 verwerteten Fällen zeigt innerhalb der ersten 3 Monate keine einzige Naht eine Funktionswiederkehr, vom 4.–6. Monat ließen 31, vom 7.–9. Monat 32, vom 10.–12. Monat 88 und vom 12.–26. Monat 11 Fälle Restitutionsbeginn erkennen. Die Mehrzahl seiner mitgeteilten Fälle zeigt den Beginn der Funktionsrückkehr erst vom 10. Monat ab.

Diese ungeheure große Differenz der Angaben hängt von einer ganzen Anzahl von Faktoren ab:
Beschaffenheit, Länge und Härte der immer verhandenen Narbe zwischen den durchtrennten Nervenstümpfen, von dem Widerstand, den die Narbe den auswachsenden Neurofibrillen entgegensetzt, der Technik der Naht, dazwischentretende Infektionen, den Grad der traumatischen Degeneration, die ganz besonders nach Schußverletzungen wesentlich höhere Grade erreicht und bei zentraler gelegenen Läsionen mit schweren, bleibenden Veränderungen an den Ganglienzellen einhergehen kann, von der Geschwindigkeit des Degenerationsprozesses am peripheren Nervenstumpf, da der neue Nerv nicht eher ins alte Bett einwachsen kann, bis die in demselben stattfindenden Degenerationsprozesse zum Abschluß gekommen sind. Nach *Boeke* ist für die Degeneration des peripheren Nervenstückes aber die Art und die Zusammensetzung des Narbengewebes und die Schnelligkeit seiner Entwicklung von großer Bedeutung. Je länger die Bindegewebstrecke, je straffer das Bindegewebe, um so mehr verzögert sich die Nekrotisierung des peripheren Nervenabschnittes.

Sind die ersten Anzeichen beginnender Restitution vorhanden, so bedeutet das nicht, daß es nun zu einer vollkommenen Ausheilung kommen muß, es kann dazu kommen, der Heilungsprozeß kann aber auch auf halbem Wege stehen bleiben. Der Grund dürfte in einem Erlahmen der Regenerationskraft zu suchen sein. Das Ergebnis ist eine dauernde dissoziierte Lähmung. Auch läßt sich nicht im Voraus berechnen, zu welchem Zeitpunkt die Ausreifungsperiode beendet sein wird, denn viele Autoren berichten, daß die vollkommene Funktionsrückkehr oft auffallend rasch zustande komme, in anderen Fällen aber die Ausreifungsperiode unverhältnismäßig lange Zeit in Anspruch nehme. *Stoffel* berichtet, daß das Ergebnis einer Naht erst drei Jahre nach der Operation endgültig beurteilt werden kann, wobei er bekanntlich unter Heilung die einigermaßen wiederhergestellte praktische Gebrauchsfähigkeit eines Gliedes versteht.

Nach *Auerbach* beträgt der Zeitraum der Heilung bis zu zwei Jahren. Nach *Spielmeyer* braucht eine *Radialis*naht durchschnittlich 14 Monate, alle anderen Nervennähte bis zwei Jahre zur Heilung. *Perthes*, der die Ausreifungsperiode ganz allgemein als recht lang bezeichnet, ist der Meinung, daß das endgültige Resultat der Naht bei den Nerven der oberen Extremität frühestens im dritten Jahr, das der unteren Extremität erst im vierten Jahr nach der Operation voll vorliege. Bei einer schon geheilten *Radialis*naht fand er nach mehr als vier Jahren eine geringe Herabsetzung der groben Kraft, ein geringes Zurückbleiben der Finger im Grundgelenk bei gleichzeitiger Dorsalflexion der Hand, sowie eine Beeinträchtigung der Abduktion der ersten Metakarpale. Bei einer sonst völlig geglückten *Medianus*naht fand er noch vier Jahre nach der Operation eine Herabsetzung der Sensibilität und bei seinen besten Fällen von *Radialis*- und *Medianus*nähten fand er vier Jahre nach der Operation eine Verminderung der groben Kraft um ein Fünftel. Im Verhältnis zu der langen Ausreifungsperiode sah er oft eine überraschend schnelle Rückkehr der ersten Bewegungen. Die Zeit allmählicher Regeneration war bei einem Fall von *Radialis*naht eineinhalb Jahre nach dem Auftreten der ersten Bewegungen noch nicht abgeschlossen.

Stracker teilt mit, daß die Heilung der *Radialis*nähte frühestens in 10 Monaten, durchschnittlich aber erst 2 Jahre nach Operation erfolge, für den *Medianus* gibt er als kürzeste Heilungsdauer 8 Monate an, in 2 Fällen trat Heilung erst nach mehr als 2 Jahren ein.

Foerster bezeichnet die durchschnittliche Dauer der Heilung für seine Fälle mit 26 Monaten, die früheste Heilung sah er nach 4 Monaten, die späteste nach 40 Monaten. Nach ihm ist die Reihenfolge der Dauer der durchschnittlichen Heilung:
Musculocutaneus 16, *Axillaris* 17, *Ulnaris* 18, *Medianus* 19, *Peroneus* 23, *Tibialis* 24, *Radialis*, *Ischiadicus* 25 Monate.

Auffallend daran ist, daß die beiden Nerven mit der besten Prognose, *Musculocutaneus* und *Axillaris*, auch bei der Zusammenstellung der durchschnittlichen Heilungsdauer an erster Stelle stehen, *Ulnaris* und *Medianus* rücken hier vor den *Peroneus* und *Tibialis*, der *Radialis*, der mit einer Prognose von 56% an 5. Stelle steht, rückt hier zusammen mit dem *Ischiadicus* an den Schluß.

Spielmeyer, der auch hinsichtlich der Prognose den *Radialis* mit 34% an erster Stelle anführt, gibt mit einer durchschnittlichen Heilungsdauer von 14 Monaten gegenüber 2 Jahren der anderen Nervennähten, der *Radialis*naht die geringste durchschnittliche Heilungsdauer.

Der Eintritt der Besserung weist sowohl wie die Ausheilungsperiode bei den einzelnen Nerven große Verschiedenheiten auf. Die Gründe, warum bei einem Nerven, z. B. dem *Radialis*, einmal die Dauer der Heilung 6 Monate, das andere Mal 40 Monate beträgt, wurde früher schon angeführt. Die Gründe, warum die einzelnen Nerven auch unter sich wieder eine verschiedene Heilungsdauer aufweisen – z. B. zeigt der *Radialis* eine durchschnittliche Heilungsdauer von 25 Monaten, der

Musculocutaneus von 16 Monaten *(Foerster)* – wird von den verschiedenen Autoren behandelt und alle sind sich einig, daß im allgemeinen das *Etzoldsche Gesetz* gilt, wonach die Wartefrist bei der Funktionswiederkehr eines Muskels abhängig ist von der Länge des vom auswachsenden Nerven zurückgelegten Weges. Zur Zurücklegung eines längeren Weges brauchen die aus dem zentralen Stumpfe auswachsenden Neurofibrillen eben eine längere Zeit und diejenigen Nerven mit dem kürzesten Wege regenerieren rascher. Sobald jedoch ein Autor wie *Foerster*, *Spielmeyer* mit der Möglichkeit oder Tatsache einer autogenen Regeneration im abgetrennten peripheren Nervenstumpf rechnet, verliert das *Etzoldsche Gesetz* seine Gültigkeit.

Foerster läßt im allgemeinen das *Etzoldsche Gesetz* gelten, wenn er es auch in seiner Bedeutung nicht allzu hoch einschätzt und zieht nur zur Erklärung der großen individuellen Verschiedenheiten, welche Restitutionsbeginn und Heilungsdauer aufweisen, die Möglichkeit einer autogenen Regeneration in Betracht.

Salomon glaubt, daß neben der Länge der Wegstrecke die Kraft und Bedeutung der einzelnen Muskeln, sowie die Stärke ihrer Antagonisten eine Rolle spielen.

Auerbach zieht zur Erklärung sein Gesetz der Lähmungstypen heran, das folgendermaßen lautet:

diejenigen Muskeln, bzw. Muskelgruppen erlahmen am raschesten und vollkommensten, bzw. erholen sich am langsamsten und wenigsten, die die geringste Kraft (ausgedrückt durch das Muskelgewicht) besitzen und ihre Arbeitsleistung unter den ungünstigsten physikalischen, physiologischen und anatomischen Bedingungen zu vollbringen haben, während die in dieser Beziehung besser gestellten Muskeln von der Lähmung größtenteils verschont bleiben.

Erlacher glaubt, den Nervenquerschnitt der einzelnen Nerven für die verschiedene Dauer der Restitution verantwortlich machen zu können: je größer der Nervenquerschnitt, desto kleiner sei die Zahl der ausgewachsenen Fibrillen, die auf die Querschnittseinheit kommen. Deshalb regeneriert sich der *Radialis* rasch, der *Ischiadicus* langsam. Da sich die auswachsenden Fasern in der Narbe durchkreuzen, werden die peripheren Bahnen bei der Regeneration mit gemischten Nerven versorgt, motorische Fasern verirren sich in sensible Bahnen und umgekehrt.

Für die motorische Regeneration sind demnach die Verhältnisse in solchen Nerven am günstigsten, welche den geringsten Grad an sensiblen Fasern haben, in denen das Abirren motorischer Fasern in sensible Bahnen daher am wenigsten wahrscheinlich ist. Die relativ günstige Statistik beim *Radialis* und die relativ ungünstige des *Peroneus* findet durch diese Verhältnisse ihre Begründung.

Das günstigste Mischungsverhältnis hinsichtlich der motorischen Fasern habe der *Radialis*, dann folgt *Medianus*, *Tibialis*, *Ulnaris*, *Peroneus*. In dieser Reihenfolge verläuft aber auch die Regenerationstendenz der verschiedenen Nerven.

Sind nicht alle von einen Nerven versorgten Muskeln von der Lähmung betroffen, so liegt eine dissoziierte Lähmung vor. Die nicht gelähmten Muskeln können dabei entweder vollkommen intakt sein, oder auch Paresen zeigen.

Folgende Ursachen gibt *Foerster* dafür an:
dissoziierte Lähmung durch verschiedenen Höhesitz der Läsion,
durch zirkumskripte Stammläsion,
durch Läsion einzelner Muskeläste,
bei diffuser Stammläsion infolge verschieden großer „Vulnerabilität" der einzelnen Muskelbahnen,
durch abnorme Innervation einzelner Muskeln.

Je nach Höhensitz der Läsion sind die Muskeln, deren Äste oberhalb der Läsion den Stamm verlassen haben, intakt, und nur diejenigen gelähmt, deren Äste den Nerven an der Stelle der Läsion oder tiefer verlassen.

Als Beispiel einer dissoziierten Lähmung durch zirkumskripte Stammläsion kann der *Ischiadicus* dienen, dessen beide Anteile, *Tibialis* und *Peroneus*, sich schon sehr hoch oben trennen. Meist besteht in solchen Fällen einer hochsitzenden zirkumskripten *Ischiadicus*läsion zunächst eine totale Lähmung, die sich aber im Gebiet des einen der beiden Teile rasch zurückbildet und nur im anderen Teil bestehen bleibt. Bei anderen Nerven sind aber diese Lähmungen eine Seltenheit, da die Bahnen der einzelnen Muskeln im Nervenquerschnitt diffus gelagert sind und nicht wie *Stoffel* es lehrte, eine jede ein bestimmtes isoliertes Querschnittsareal einnimmt. *Sherren* zeigte, daß man noch keine bestimmte Muskellähmung erhält, wenn man den gesamten Nervenquerschnitt nicht mehr als ein Drittel durchschneidet.

Selten ist auch die dissoziierte Lähmung infolge Läsion einzelner Muskeläste, während das Gros dieser Lähmungen durch verschieden große Vulnerabilität (nach *Foerster*) der einzelnen Muskelbahnen bedingt wird.

Eine den ganzen Nervenstamm gleichmäßig treffende Schädlichkeit, die jedoch nicht so stark ist, daß eine Kontinuitätstrennung zustande kommt, berührt zwar alle Bahnen des Nervenquerschnittes, aber durch die geringe Intensität erliegen ihr nicht alle Muskelbahnen, die restistenteren bleiben unversehrt, die vulnerableren werden gelähmt, wobei die Bahnen der proximalen Muskeln resistenter, die der distaler gelegenen Muskeln vulnerabler sind.

Hierher gehören auch alle Fälle, welche nach anfänglicher vollkommener Lähmung in Restitution begriffen sind. Die Funktion der Muskeln beginnt nicht auf einmal, sondern sie stellt sich in einer annähernd gesetzmäßigen Reihenfolge her, so daß in den verschiedenen Stadien der Restitution nacheinander die typischen Bilder dissoziierter Lähmungen bestehen. Die Vulnerabilität steht aber zur Restitution in enger Beziehung:

je vulnerabler eine bestimmte Muskelbahn ist, desto später restituiert sie sich und je resistenter sie ist, desto eher unterliegt sie der Wiederherstellung.

Auerbach erklärt, daß der zeitig und graduell so verschiedene, aber typische Rückgang der Lähmungen in den einzelnen Muskelgruppen restlos durch sein *Gesetz* erklärt wird. *Auerbach* zieht also, und mit ihm *Gerhardt* und *Schwab* die Funktion der Muskeln heran.

Schwab zeigt in seinen „Untersuchungen zu einem Gesetz der Lähmungstypen", daß das *Auerbachsche Gesetz* zwar gut für eine Anzahl von Muskeln stimmt, bei anderen aber völlig versagt. Zu diesem Zwecke stellte *Schwab* sogenannte Widerstandsreihen für die einzelnen Muskeln eines Nerven auf und verglich sie mit der Gewichtsreihe. Beim *Radialis* z. B. nehmen die ersten vier Muskeln der Widerstandsreihe *Triceps, Brachioradialis, Ext. carp. rad. long., Ext. carp. rad. br.* auch in der Gewichtsreihe die ersten Plätze in gleicher Reihenfolge ein, erst dann zeigen sich Differenzen. Restlose Übereinstimmung zwischen Gewicht und Widerstandsfähigkeit zeigt nur die *Peroneus*reihe. Auf Grund weiterer Untersuchungen kommt *Schwab* zu dem Ergebnis, daß zwischen Kraft- und Dauermuskeln zu unterscheiden ist, und daß die Kraftmuskeln resistenter gegen Nervenschädigungen sind als die Dauermuskeln. Bei Bleilähmungen sind Hand- und Fingerstrecker, Daumenabduktion besonders geschädigt, während *Triceps* und *Brachioradialis* als Kraftmuskeln häufig ausgespart sind. Daß der *Radialis* bei Bleilähmungen bevorzugt befallen wird, erklärt *Schwab* damit, daß gerade der *Radialis* die Hauptdauermuskeln des Armes, die Strecker der Hand und der Finger versorgt.

Neben den Motilitätsstörungen verursachen die *Sensibilitätsstörungen* unter Umständen subjektiv die größten Beschwerden.

Head und *Sherren* unterscheiden drei prinzipiell verschiedene Gefühlsqualitäten, welche nach ihren Untersuchungsergebnissen auf verschiedenen Wegen geleitet werden:

1. Die *Tiefensensibilität*, geleitet durch Fasern, die mit den motorischen Nerven verlaufen,
2. die *protopathische* Sensibilität für Schmerz, starke Hitze- und Kältegrade, geleitet von Fasern der sensiblen Nervenstämme, die nach Durchtrennung rasch regenerieren und sich mit Fasern der Nachbargebiete weit überkreuzen,
3. die *epikritische* Sensibilität für feines Tastgefühl und für feine Temperaturunterschiede, geleitet durch Fasern, die langsam, nicht vor 6 Monaten regenerieren und auf bestimmte Hautbezirke beschränkt bleiben.

Nach *Lehmann* ist die Prognose der sensiblen Lähmungen in bezug auf die tiefe und protopathische Empfindung durchaus günstig infolge der Anastomosenbildung und Segmentüberlagerung. Das sensibel gestörte Gebiet ist deshalb kleiner als es den anatomischen Gesetzen ent-

sprechen würde. Die epikritische Sensibilität pflegt erst sehr spät zurückzukehren, ungefähr zur selben Zeit mit der normalen Schweißabsonderung.

Wexberg weist auf die Beobachtungen von *Nonne*, *Oppenheim*, *Reichmann*, *Foerster* hin, wonach bei Verletzungen gemischter Nerven die Sensibilität gestört, die motorische Funktion aber intakt sein kann. Fälle von rein motorischer Lähmung ohne die dazugehörigen sensiblen Ausfallserscheinungen sind aber häufiger als das umgekehrte. Nach *Lehmann*, *Düderitz*, *Matti*, *Thoele* ist aber die sensible Faser gegen das gleiche Trauma resistenter als die motorische Faser. *Lüderitz* umschnürte Nerven mit Seidenfäden und fand, daß bei längerer Zeit hindurch wirkendem Drucke die Leitungsfähigkeit unterbrochen wurde und zwar war der Nerv oberhalb der Druckstelle für die stärksten faradischen Ströme nicht mehr erregbar, während die peripher vorgenommene Reizung noch deutliche Schmerzreaktion hervorrief. Niemals fand sich ein umgekehrtes Verhalten. *Spitzy* spricht hier geradezu von „biologischen Verschiedenheiten".

Von den einzelnen Qualitäten der Hautsensibilität ist die Berührungsempfindung in minder weiten Grenzen gestört als die Temperaturempfindung, das Gebiet der Analgesie schwankt, erreicht aber nicht die Ausdehnung der Thermanästhesie *(Thoele, Foerster)*. Bei der Tiefenempfindung ist die Vibrationsempfindung der Knochen nur bei schweren Läsionen deutlich gestört. Für Gelenkempfindung gilt nach *Foerster* die Regel, daß sie nur dann deutlich gestört ist, wenn alle das Gelenk versorgenden Nerven erheblich geschädigt sind, nach *Thoele* nur dann, wenn epikritische und protopathische Sensibilität vollkommen aufgehoben sind.

Bei der Regeneration eilt die Besserung der Sensibilität der Besserung der Motalität voraus. Die Wiederkehr der Sensibilität erfolgt für die verschiedenen Hauptarten der Empfindungen getrennt.

Le Fleming Burrow sieht als frühestes klinisches Symptom der Wiederherstellung der Sensibilität das „*Tinelsche Zeichen*": bei perkutanem Beklopfen des Nerven unterhalb der Nahtstelle wird Kribbeln empfunden. Je weiter die Regeneration fortschreitet, an desto distaleren Stellen wird dieses Symptom gefunden. Als zweites Symptom der Regeneration fand er die Besserung der trophischen Störungen, dann folgte die Wiederkehr gewisser Tiefenempfindungen bei Tiefendruck. In einem etwas späteren Stadium stellten sich Parästhesien ein, wenn die Haut gedrückt, gekratzt oder zerstochen wurde. Dann kam es zur Rückkehr von Schmerz und Temperaturempfindung, weiterhin folgte die Wiederherstellung der Lageempfindung. In einem noch späteren Stadium wird leichte Berührung der Haut und zwar durch Tasthaare empfunden. Im letzten Stadium der Regeneration werden auch punktförmige Berührungsreize wahrgenommen, ferner wird das Lagegefühl sowie das Unterscheidungsvermögen zwischen Kalt- und Warmreizen besser.

Nach *Le Fleming Burrow* wird aber eine völlige Wiederherstellung aller Funktionen eines gemischten Nerven nach Nervennaht niemals erreicht.

Nach *Babcin* schwinden in den meisten Fällen die Schmerzen sofort nach der Operation. Dasselbe gilt auch für einige vasomotorische und trophische Störungen. 3–6 Wochen nach der Naht treten die ersten Anzeichen einer Sensibilitätswiederherstellung in den tiefgelegenen Geweben auf. Nach etwa 4 Monaten entwickelt sich allmählich eine Wiederherstellung der protopathischen Sensibilität. Im weiteren Verlauf kommen die Regenerationserscheinungen des motorischen Anteils zum Vorschein, gleichzeitig erscheint auch die elektrische Nerven- und Muskelerregbarkeit auf faradischen Strom und schließlich, 12–14 Monate nach der Nervennaht, kehrt eine deutliche taktile und Wärmeempfindlichkeit zurück.

Nach *Perthes* stellt sich am frühesten immer die Empfindung für Schmerz und extreme Temperaturgrade her. Dieser Teil der Funktionsrückkehr geht der Restitution im Bereich der Motilität in der Regel voraus. Die Wegstrecke, die von den regenerierenden Fasern zurückgelegt werden muß, spielt nach *Head* für die Restitution der protopathischen Sensibilität keine Rolle. Die epikritische Sensibilität kehrt immer erst spät, lange nach der protopathischen Sensibilität und der elektrischen Erregbarkeit der Muskeln zurück.

Head durchschnitt sich den *Ramus cut. nerv. radialis.* Nach zwei Jahren hatte sich die Sensibilität, geprüft mit Watteflocke und Zirkel, trotz fortschreitender Regeneration, noch nicht vollkommen wiederhergestellt.

Pollock sieht die motorischen Funktionen gemischter Nerven nach Verletzung eher als die Sensibilität zurückkehren, aber auch das Gegenteil ist möglich. Das Schmerzgefühl erscheint niemals früher als das Gefühl für Druck und Berührung. Bei einem gewissen Prozentsatz bleibt sogar eine dauernde Sensibilitätsstörung trotz guter motorischer Funktion. Besonders der *Medianus* erscheint hinsichtlich der Sensibilität ausnehmend empfindlich zu sein.

Auch *Perthes* teilt eine *Medianusnaht* mit, bei der sich nach vier Jahren die aktiven Bewegungen und electrische Reizbarkeit der *Medianus*muskeln völlig normal verhielt. Trotzdem fand sich eine ausgesprochene Hypästhesie im ganzen *Medianus*gebiet der Hohlhand und auch der Streckseite der beiden letzten Phalangen des zweiten und dritten Fingers.

Nach *Wexberg* ist die Reihenfolge der Regeneration die, daß die Thermanästhesie und von dieser wieder die Kälteanästhesie später als die Störungen der anderen Qualitäten schwinden.

Nach *Wilson, Lanier, Carney* kehren Schmerz-, Berührungs- und Kälteempfindung ungefähr gleichzeitig zurück, während sich die Wärmeempfindung erst später wieder einstellt. Die Regeneration schreitet ebenso wie bei der motorischen Besserung distalwärts fort.

Ranschburg teilt mit, daß die Mehrzahl der Fälle 1–2 Jahre nach der Operation noch Oberflächenanästhesie zeigten. Am *Tibialis* wurde die Wiederkehr der epikritischen Sensibilität in keinem Falle beobachtet. Die Reihenfolge der Regeneration ist folgende:
Tiefensensibilität, Motilität, elektrische Leitungsfähigkeit, Hautsensibilität.

Nach *Foerster* kann die Lageempfindung noch gestört sein, wenn alle übrigen Empfindungsqualitäten schon wieder zurückgekehrt sind.

Jäger und *Traum* untersuchten die Degeneration und Regeneration der sensiblen Nerven in menschlichen Hautnarben. Sie fanden nach 4–6 Monaten annähernd wieder normale Sensibilität der Narbe. In etwa 4 Wochen alten Narben sieht man nichts mehr von Degenerationsprodukten der Nerven, dagegen an mehreren Stellen neugebildete dünne, meist marklose Fasern. Nach etwa 10–12 Wochen haben diese Fasern das stratum papillare erreicht und laufen entweder in ein freies Ende aus oder legen sich mit einer Anschwellung an einen Bindegewebskern an.

Von *Davis* erfahren wir, daß an gestielten Hautlappen die Rückkehr der verschiedenen Empfindungsqualitäten vom Rande her beginnt und langsam gegen die Mitte zu vorschreitet.

Dabei tritt die Schmerzempfindung zuerst auf, ungefähr schon nach einem Monat, um dann monatlich durchschnittlich 1 cm vorwärtszuschreiten. Erst einige Wochen später erscheint die Empfindung für warm und kalt. Zuletzt, etwa ein Monat nach Auftreten der Temperaturempfindung, kehrt auch die Berührungsempfindung wieder und zwar in Hautlappen, die von rein sensorischen Nerven versorgt werden (*Trigeminusgebiet)* durchschnittlich rascher als an Händen und Füßen. Röntgen- und Radiumbestrahlung verzögern die Wiederkehr der Empfindungen oder verhindern sie ganz.

An freien Transplantaten, die kein subkutanes Gewebe enthalten, aber durch die ganze Hautdicke gehen, kehrten die Empfindungsqualitäten im Vergleich mit den gestielten Hautlappen viel langsamer wieder.

So tritt die Schmerzempfindung durchschnittlich erst wieder nach 6 Monaten, die Berührungsempfindungen nach 7 Monaten auf. Der Zeitpunkt der Wiederkehr der Empfindung für Temperaturreize liegt meist dazwischen. Auch das Vorwärtsschreiten geschieht viel langsamer, durchschnittlich 0,5 cm im Monat. Röntgenbestrahlung verhindern auch hier die Reinnervierung.

Umfaßt das Transplantat nur die halbe Hautdicke, so daß das Corium teilweise zurückbleibt, so tritt die Schmerzempfindung erst nach 7–8 Monaten auf und schreitet durchschnittlich um 1 cm in 3 Monaten voran

In *Thiersch-Läppchen* tritt die Schmerzempfindung nach 11 bis 12 Monaten auf, die anderen Empfindungsqualitäten noch später. Das

Fortschreiten erfolgt durchschnittlich um 1 cm in 6 Monaten. In kleinen tiefen Transplantaten sind die Ergebnisse uneinheitlich, die zeitlichen Unterschiede sehr groß, durchschnittlich größer als an *Thierschen* Lappen.

Die Wiederkehr der geprüften Empfindungen, leichte Berührungsreize, Stechen mit einer Nadel – Schmerzempfindung, Empfindung für warm und kalt, hängt von folgenden Faktoren ab:
Dicke des Transplantates, Charakter der durch dasselbe bedeckten Oberfläche, Zustand der umgebenden Haut. Weiter bis zu einem gewissen Grade Lage des Transplantates im Hinblick auf den Verlauf der Nerven, insofern, als bei den gestielten Lappen die Empfindungen etwas früher erscheinen wenn die Stielung in der Nervenverlaufsrichtung erfolgte, dagegen später, wenn beide Richtungen sich kreuzen. Verzögert ist die Wiederkehr der Empfindung auch an Hautlappen, die von gemischtfasrigen Nerven versorgt werden. Eine Abhängigkeit vom Alter des betreffenden Kranken ist nicht vorhanden, auch die Entnahmestelle ist nicht ausschlaggebend.

Es ist unmöglich durch die elektrische Untersuchung festzustellen, ob ein Nerv durchtrennt ist oder nicht. Es ist nur möglich über den Grad einer Nervenschädigung durch die elektrische Untersuchung Aufschluß zu erhalten. Die Veränderung der elektrischen Erregbarkeit entspricht dem Grade der motorischen Lähmung *(Wexberg)*.

Nach einer Nervenläsion stellt sich sofort ein langsames Sinken der indirekten faradischen und galvanischen Erregbarkeit ein. Nur selten geht dieser Periode eine 1–2 Tage dauernde Steigerung der gesamten elektrischen Erregbarkeit voraus. Nach 2 Wochen ist die indirekte faradische und galvanische Erregbarkeit erloschen *(Lehmann)*. Auch nach *Wexberg* treten Entartungsreaktionen niemals im Augenblicke der Läsion auf, sondern immer 10–14 Tage später, in einzelnen Fällen erst nach 6 Wochen *(Spielmeyer)*. Unmittelbar ist nach *Wexberg* nur die indirekte Erregbarkeit vom Nerven aus aufgehoben.

Etwas später als die indirekte Erregbarkeit erlischt auch die perkutane faradische Erregbarkeit für die Muskulatur. Die galvanische Erregbarkeit des Muskels verhält sich in den ersten Wochen ähnlich wie die faradische. Gegen Ende der zweiten Woche macht sich jedoch eine Steigerung der galvanischen Erregbarkeit bemerkbar. Die Zukkungen, bisher prompt und blitzartig, werden langsam und wurmartig. Es kann auch zu einer Umkehr der Zuckungsformel kommen, die nach *Wexberg* von geringerer diagnostischer Bedeutung ist, da sie nur in einem Teil der Fälle nachzuweisen sei. Das Stadium der gesteigerten Erregbarkeit dauert nur in den seltensten Fällen 2–3 Wochen. Gewöhnlich macht sich sofort wieder ein Sinken der Erregbarkeit geltend *(Lehmann)*. Immer höhere Ströme sind zur Reizung des Muskels notwendig und schließlich reagiert er auch auf die stärksten Ströme nicht mehr; das Endstadium des elektrischen Erregbarkeitszustandes ist dann erreicht. Diesen Symptomenkomplex bezeichnet man als komplette Entartungsreaktion.

Die komplette Entartungsreaktion ist stets ein Zeichen für sehr schwere Schädigung des Nerven. Die Kontinuität des Nerven braucht aber nicht unterbrochen zu sein. Rasches Sinken der galvanischen Erregbarkeit und anhaltende komplette Entartungsreaktion bei zunehmender Muskelatrophie läßt aber mit großer Wahrscheinlichkeit darauf schließen, daß es sich um eine irreparable Schädigung, also um eine Nervendurchtrennung handeln müsse *(Lehmann)*. Eine Spontanheilung ist aber immer noch möglich. *Wexberg* behauptet sogar, daß komplette Aufhebung der elektrischen Erregbarkeit noch nicht das „Todesurteil" für den Nerven bedeutet.

Die Entartungsreaktionen können aber auch in atypischer Weise verlaufen. So kann besonders die galvanische Muskelerregbarkeit (worauf Spielmeyer und Oppenheim hinweisen) noch mehrere Monate durchaus prompt sein, obwohl eine Leitungsunterbrechung vorhanden ist.

Nach *Lehmann* ist bei nicht operierten Nervenverletzungen das erste Anzeichen der Besserung das Wiederpromptwerden der galvanischen Reaktion, später stellt sich die indirekte galvanische, die direkt faradische und zuletzt die indirekt faradische Erregbarkeit ein. Bisweilen *(Sittig)*, aber durchaus nicht immer *(Popper)*, kann vor der direkten galvanischen eine direkte faradische Erregbarkeit nachzuweisen sein, wenn mit nahen Elektroden geprüft wird (mitgeteilt von *Lehmann*).

Prinzipiell anders verhält sich die Wiederkehr der elektrischen Erregbarkeit nach Naht. Hier zeigt es sich ausnahmslos, daß zuerst die Motilität wieder eintritt, ja der elektrische Befund kann sich noch verschlechtern *(Cassirer)*, obwohl die Muskelfunktion bereits wieder eingesetzt hat. Nach Wiederkehr der Motilität kann die Entartungsreaktion noch Wochen, sogar monatelang bestehen bleiben, um erst dann allmählich wieder normal zu werden *(Lehmann)*. Nach *Lehmann* hat sich die Wiederherstellung der willkürlichen Leitung vor der perkutanen elektrischen Erregbarkeit auf jeden Fall so sicher erwiesen, daß man überall da, wo das Umgekehrte der Fall zu sein scheint, eine psychogene Lähmung auf der Basis einer ursprünglich organischen annehmen kann.

Manchmal eilt die Restitution der elektrischen Erregbarkeit voraus: die galvanische Zuckung wird prompter, bevor sich noch motorische Besserung zeigt. Häufiger sieht man die ersten Anzeichen der wiederkehrenden Motilität, bevor sich noch an dem elektrischen Erregungszustand etwas geändert hat. Zuweilen sinkt die galvanische Erregbarkeit trotz fortschreitender motorischer Besserungen noch weiter. Die motorische Funktion kann sogar schon so weit gediehen sein, bevor sich die Besserung auch elektrodiagnostisch nachweisen läßt. Nie kehrt die faradische Erregbarkeit vor der motorischen zurück. Sie fehlt dann noch lange nachher und kommt dann zuerst vom Nerven aus wieder *(Spielmeyer)*.

Foerster weist darauf hin, daß manchmal Muskeln, die noch keine Spur von willkürlicher Innervierbarkeit zeigen, doch faradisch und zwar sowohl vom Nerven aus, als auch direkt erregbar sind. *Foerster* sah das besonders bei *Plexus*läsionen und bei hochsitzenden Stammläsionen der verschiedensten peripheren Nerven, besonders aber nach *Ulnaris*nähten im Bereich der Interossei.

Felix beobachtete, daß vom Tage der Nerveneinpflanzung die Muskulatur in unmittelbarer Umgebung des zugehörigen Nerven faradisch und galvanisch mit schwachen Strömen regelmäßig zur raschen Zuckung zu bringen war, gleichgültig, ob der elektrische Reiz am Nerven oder am Muskel gesetzt wurde. In den peripheren Muskelabschnitten dagegen konnte nur in den ersten Wochen eine Muskelzuckung durch direkten Muskelreiz hervorgerufen werden. Sie wurde sehr bald träge und wurmartig und hörte vor völligem Verschwinden der Muskulatur infolge zunehmender Degeneration derselben ganz auf.

Willkürliche Funktion und elektrische Erregbarkeit stehen bei der Restitution in enger Beziehung, sie brauchen aber nicht immer parallel zu gehen.

Das erste Zeichen beginnender Restitution ist ein Sinken des Chronaxiewertes der gelähmten Muskeln. Die Höhe der Chronaxie drückt den Grad der Degeneration des Muskels aus. Sehr bald beobachtet man auch bei Fällen mit totaler Lähmung und totaler Entartungsreaktion ein Prompterwerden der Zuckung bei direkter galvanischer Reizung *(Foerster, Spielmeyer, Küttner)*. Die Zuckung verliert ihren trägen wurmförmigen Charakter. Darauf folgen dann in wechselnden Abständen die ersten Anzeichen beginnender willkürlicher Beweglichkeit.

In einer Anzahl von Fällen sinkt die direkte galvanische Erregbarkeit auch nach der Naht noch ab, *Ranschburg* sah sie sogar ganz schwinden, während sich die willkürliche Bewegung bereits einstellte. Nach *Foerster* gibt das Verhalten der galvanischen Erregbarkeit keinen sicheren Maßstab ab, ob Restitution zu erwarten ist, oder sich schon im Gange befindet. Wertvoller sei die Chronaxiebestimmung.

Perthes fand bei Versuchen am durchschnittenen und wiedergenähten *Ischiadicus* des Kaninchens, daß die Erregbarkeit des regenerierten Nerven für den faradischen Strom nach der anatomischen Wiederherstellung der Leitung nicht sogleich die normale ist. Der regenerierte Nerv macht vielmehr erst eine langdauernde Periode der Ausreifung durch, während deren die anfangs hohe Reizschwelle zur Norm absinkt. Dadurch wird erklärt, daß ein in Regeneration begriffener Nerv oft bei perkutaner neurologischer Untersuchung noch unerregbar gefunden wird, während die direkte Reizung des freigelegten Nerven deutliche Reak-

tionen ergibt. Bei Nervenverletzungen, die spontan oder nach Naht in Ausheilung begriffen sind, wurde regelmäßig beobachtet, daß die elektrische Erregbarkeit des Nerven wesentlich später eintritt als die Wiederkehr der willkürlichen Funktion. Dieses neurologisch festgestellte Nachhinken ist jedoch nur scheinbar, da es nur bei der perkutanen Untersuchung festgestellt wird. Die Reizbarkeit des freigelegten Nerven kehrt wesentlich früher zurück als die Erregbarkeit durch die Haut. Es spricht also nichts dagegen, daß die Wiederkehr der elektrischen Reaktion und der willkürlichen Erregbarkeit tatsächlich einander ganz parallel laufen.

Spielmeyer dagegen zeigt, daß keine engeren Beziehungen zwischen Wiederherstellung der motorischen Funktion und dem elektrischen Verhalten bestehen. Sehr oft bessern sich die elektrischen Verhältnisse vor der Bewegungsmöglichkeit.

Sehr viel später als die direkte galvanische Erregbarkeit folgt die indirekte, die Ansprechbarkeit und die Leitungsfähigkeit des geschädigten Nerven. Noch später erfolgt die Wiederkehr der indirekten und direkten faradischen Erregbarkeit. Recht oft geht die Wiederkehr der prompten galvanischen Zuckung der der Funktion ganz erheblich voraus. Niemals sah er, daß auch die direkte und indirekte faradische Erregbarkeit vor dem Wiederbeginn jeglicher Gebrauchsfähigkeit zurückgekehrt wäre. Die faradische Erregbarkeit läßt nicht lange auf sich warten, bei einer Reihe von Fällen mit guten willkürlichen Muskelfunktionen und prompter leichter galvanischer Ansprechbarkeit war auch mehrere Monate nach dem Beginn der Wiederherstellung eine direkte faradische Reaktion der zuvor gelähmten Muskeln nicht zu erzielen. Früher kehrte meist die indirekte faradische Zuckung von dem Nerven aus wieder. Niemals hat *Spielmeyer* im Gegensatz zu *Ibrahim* Fälle gesehen mit völlig normalem elektrischen Verhalten von Muskel und Nerv, also auch mit direkter und indirekter faradischer Erregbarkeit, in denen die motorische Funktion völlig fehlte. Oft kehrt die Gebrauchsfähigkeit zurück, während das elektrische Verhalten noch längere Zeit absolute Entartungsreaktionen zeigt. An seinem Material ist *Spielmeyer* aufgefallen, daß es sich vorwiegend um *Radialis*- und einige Male auch um *Ulnaris*lähmungen handelte. Bei den Verletzungen des *Ischiadicus* und seiner Hauptstämme hat er fast immer (nur zwei Ausnahmen) eine frühe Wiederkehr der elektrischen Reaktion vor der der Funktion gesehen. Bei den nach Nervennaht einsetzenden Besserung der Funktion hat er zumeist beobachtet, daß die galvanische Zuckung prompt wurde, die totale Entartungsreaktion oft vor der Wiederkehr der Bewegungsfähigkeit partiell wird. Die faradische Reizbarkeit der Muskulatur folgt sehr lange Zeit der Wiederherstellung der Funktion.

Die exakte Nervennaht ist auf jeden Fall anzustreben, da die Operationserfolge sehr viel bessere sind. Besteht nun zwischen den Nervenstümpfen eine größere Lücke, so bereitet die Naht große Schwierigkeiten,

ja es kann bei ausgedehnten Defekten unmöglich werden, eine direkte Naht zu erreichen.

Eine sehr eingreifende Operation ist die Knochenresektion. Durch Verkürzung des Knochens wird es dann möglich, die weitgetrennten Nervenstümpfe aneinanderzubringen und zu vernähen.

Hofmeister näht den proximalen und distalen Nervenstumpf in einen gesunden Nerven ein und betraut diesen mit der Leitung. Nach *Bielschowsky* und *Unger* geht aber das gesunde Nervengewebe niemals eine leitende Verbindung mit derartigen eingepflanzten Stümpfen ein. Mit Recht heben sie hervor, daß das nur der Fall sein könnte, wenn ein Teil des gesunden Nerven zur Degeneration gebracht wird. Dann aber ist dieser Versuch zu einem Transplantationsversuch im Sinne *Forßmanns* zurückgebracht. Wohl kann das perineurale Bindegewebe des gesunden Nervenstranges als Leitgewebe den regenerierenden Nervenfasern den richtigen Weg zeigen, falls sich kein Amputationsneurom an der Einpflanzungsstelle entwickelt hat *(Boeke)*. *Ranschburg* hat die Ergebnisse von *Hofmeister* einer scharfen Kritik unterworfen und meint, daß die Resultate von *Hofmeister* von Faktoren, die außerhalb des Operationsplanes lagen, abhängig gewesen seien.

Foramitti überbrückt die Diastase zwischen den Nervenstümpfen durch Abspalten eines Lappens vom zentralen Stumpf, vernäht und umscheidet die Nahtstelle durch ein gehärtetes Arterienrohr. Nach sechs Wochen fand er den vollständigen geheilten Nerven in einem zarten Tubus eingescheidet, der mit der Umgebung nicht verwachsen war.

Edinger und *Stracker* empfehlen, daß man röhrenförmige Fremdkörper leer oder mit einem Nährstoff gefüllt in die vorhandene Lücke einschalten solle. Im Tierversuch hat *Dominici* gezeigt, daß mit dieser Methode selbst 6 cm lange Defekte zur Heilung zu bringen sind. Nach *Spitzy* erfüllen diese Röhrchen aber nicht die auf sie gesetzten Hoffnungen, da sich nach diesem Verfahren nur einmal ein Erfolg zeigte. *Nathan* und *Nadier* durchtrennten den *Ischiadicus* und legten ein 10 cm langes Röhrchen, das aus einem zusammengerollten Stück Fascia lata bestand und mit Bindegewebe vollgepfropft war dazwischen. In einem Fall war das Bindegewebe der Länge nach angeordnet, im anderen Fall regellos zusammengeschoben. Die Wiedervereinigung sah er nur in den Röhren mit längs angeordnetem Bindegewebe.

Vanlair verwendete starre Röhren ohne Agarinhalt und hatte damit Erfolg bei Defekten bis zu 2 cm Distanz.

Eden bringt eine neue Form der Tubulisation in Vorschlag. Er pflanzt die Enden resezierter Nerven in benachbarte Gefäßröhren ein. In einem Teil der Fälle soll sich der Blutstrom wiederhergestellt haben, so daß die Nervenenden in strömendem Blute lagen und hierbei kam es jedesmal zu einer Überbrückung der Diastasen von 2–4 cm. Lagen die Enden der resezierten Nerven im leeren Gefäßrohr, so trat in keinem Fall, trotz sonst gleich günstiger Bedingungen eine Überbrückung und Wiederherstellung der Nervenkontinuität ein.

Forßmann verwendete als erster als Schaltmaterial frisch herausgenommene überlebende Nerven. Das günstigste Regenerationsresultat wurde nach Transplantation von gleichartigem Kaninchennerv zwischen die Stümpfe erhalten. Bei Heterotransplantation war das Regenerationsresultat negativ.

Bethe glaubt, daß bei solchen Transplantationen auf die Orientierung des eingepflanzten Stückes großer Wert gelegt werden müsse: zur erfolgreichen Einheilung sei das proximale Ende des Schaltstückes mit dem proximalen Ende des durchschnittenen Nerven zu verbinden *(Forßmann, Spitzy, Stracker).*

Ferner glaubt *Bethe*, daß die Transplantation frisch entnommener sensibler Nervenbündel wenig Aussicht auf Erfolg verspreche, weil nach den Ergebnissen physiologischer Versuche sich rezeptorische Nervenfasern mit motorischen funktionell nicht vereinigen können. Er empfiehlt daher die Verwendung von frisch entnommenen Leichennerven und meint, daß derartige Nervenstücke den auswachsenden jungen Nervensprossen den besten und gangbarsten Anschluß bieten. Er rechnet bei seinem Verfahren mit einer Regenerationsdauer von 4 bis 10 Monaten.

Foerster verwendet als Schaltmaterial sensible Nerven, wobei er den verschiedenen Querschnitt dadurch ausgleicht, daß er den Schaltnerven in mehreren Bündeln nebeneinander legte.

Es gelang ihm damit von 17 Fällen fünfmal Heilung und achtmal Besserung zu erzielen. *Lexer* konnte mit der gleichen Methode nach 20 und 22 Monaten an einem *Medianus* und *Ulnaris* keine Besserung feststellen. Ebenso sahen *Cassirer* und *Unger* nach 18 Monaten an einem *Ulnaris* keine Veränderungen.

Bielschowsky und *Unger* empfehlen konserviertes Nervenmaterial.

Cassirer und *Unger* operierten eine sehr schwere Verletzung des *Radialis, Medianus* und *Ulnaris* im *Plexus brachialis* in der Achselhöhle. Die Nervendefekte wurden durch konservierte Nervenstücke überbrückt, die aus dem *Plexus brachialis* einer Frau stammten, 14 Tage alt und in 3%iger Borsäurelösung aufbewahrt wurden. Nach 12 Monaten wird zuerst im *Radialis* eine deutliche Besserung konstatiert, die in typischer Weise zuerst die Extensoren der Hand betrifft. Nach 23 Monaten ist die motorische Funktion des *Radialis* beinahe wieder völlig hergestellt. Die Extensoren der Finger haben aber noch nicht die volle Kraft zurückerlangt. Die Sensibilität im *Radialis*gebiet ist gebessert. Im *Medianus*- und *Ulnaris*gebiet besteht vollkommene motorische und sensible Lähmung. Die Zirkulationsverhältnisse waren in diesem Fall nicht günstig, da gleichzeitig die Arteria brachialis mitverletzt war. Trotzdem war die Restitution im *Radialis*gebiet erfolgt.

Bielschowsky und *Unger* stellten Tierversuche an mit *Edinger-röhrchen*, mit Transplantation von konserviertem Nervenmaterial und mit autoplastischer Transplantation. Sie fanden dabei, daß das Schaltstück in jedem Fall durch Narbengewebe substituiert wird.

Es kommt nach Kontinuitätsunterbrechung eines Nerven also nicht darauf an, die Narbenbildung zu vermeiden (wie *Edinger*), sondern vielmehr ein Narbengewebe von möglichst günstiger histologischer Struktur zu schaffen.

Die aus autoplastischem Material gebildete Brücke lieferte das günstigste Resultat. Die Neurotisation des Transplantates war schon nach 45 Tagen eine sehr vollkommene. Sie pflichten daher *Bethe* und *Spielmeyer* bei, wenn sie die Transplantation von überlebendem Nervenmaterial als die für den Menschen geeignetste Methode empfehlen. Der Substitutionsprozeß geht um so rascher vonstatten, je weicher und resorptionsfähiger das verwandte Material ist. Am günstigsten liegen die Verhältnisse bei Einpflanzung von fixierten Nervenstücken, weniger günstig bei den von derben Häuten umschlossenen Rückenmarkssegmenten und am ungünstigsten bei den harten, an elastischen Fasern reichen Kalbsarterien.

Die Versuche von *Sweet* bezweckten die Nachprüfung der Behauptung von *Nageotte*, *Sencert*, daß die heterogene Transplantation toter Nerven ebensogute Resultate ergebe, wie die Verwendung autogener lebender Transplantate.

Bei 21 Hunden wurden 3 cm aus dem *Ischiadicus* reseziert und die Lücken mit Nerven von Kalbsfeten überbrückt, die in Alkohol aufbewahrt waren. Zwei Hunde, die die Operation acht Monate überlebt hatten, erlangten die Fähigkeit der Dorsalflexion des Fußes wieder. Bei einem Hund sah man völlige Wiederherstellung der Funktion.

Sweet kommt zu folgendem Schluß:
der mit Alkohol behandelte transplantierte Nerv stirbt ab, an beiden Enden des Transplantates bilden sich Geschwülste aus fibrösem Gewebe, die auswachsenden Nervenfasern werden durch diese Fibrome aufgefasert und nach dem umgebenden Bindegewebe abgelenkt. Die Erfolge, bei drei Hunden hatten die Achsenzylinder das Transplantat durchwachsen, waren so gering, daß die Behandlung von Nerventransplantaten mit Alkohol nicht als das Verfahren der Wahl gelten kann.

Bentley untersuchte die Regenerationsgeschwindigkeit bei frisch neurotomierten und bei degenerierten Nerven. Er durchtrennte an Katzen auf der einen Seite den äußeren *Poplitealnerv*, nach 1–21 Tagen wurde der durchtrennte Nerv wieder genäht, gleichzeitig wurde auf der anderen Seite neurotomiert und sofort wieder genäht. In einer 2. Versuchsreihe wurden 3 cm lange Stücke des Nerven weggenommen und durch ein entsprechendes Stück der 2. Seite ersetzt, wobei in der Hälfte der Fälle wiederum das für die Nervenverpflanzung verwendete Stück einige Tage vorher neurotomiert worden war. In einer 3. Versuchsreihe wurden die Nervenüberpflanzungen homoioplastisch ausgeführt.

In der 1. Versuchsreihe war nach 15, 22, 28 Tagen die galvanische Nervenreizung von keiner Muskelkontraktion gefolgt. Am 35. Tag reagierten an frischgenähten Nerven der Extensor dig. long. aber nicht die Peronei, an degeneriert genähten, beide Muskeln. Am 42. Tage und später waren in beiden Fällen die Nerven elektrisch erregbar.

Bei der Nerveneinpflanzung reagierte der degeneriert verpflanzte Nerv am 59. Tag, der frischverpflanzte am 61. Tage.

Bei den homoioplastisch verpflanzten Nerven waren nach dem 78. Tage die meisten erregbar.

Aus diesen Versuchsergebnissen zieht er den Schluß, daß Nervendefekte von 3 cm Länge durch zweckmäßige Transplantate überbrückt werden können zur anatomischen und funktionellen Wiederherstellung der Nerven. Ein nennenswerter Unterschied zwischen frischneurotomierten und degenerierten Nerven bestand nicht.

Eden lehnt sowohl die autoplastische als auch die homoioplastische Nervenschaltung ab. In drei Fällen von autoplastischer Schaltung, in denen seit der Operation 20–24 Monate vergangen waren, war keine Wiederherstellung der Funktion eingetreten.

Gosset und *Bertrand* verwendeten zuerst in Tierversuchen das Rückenmark zur Überbrückung von Defekten der peripheren Nerven. Als Transplantat diente das in 90%igem Alkohol gehärtete Rückenmark eines Kaninchens. Sechs Wochen nach Einheilung des Transplantates zeigte sich völlige Wiederherstellung der Funktion. Sie haben die Versuche auch an Menschen fortgesetzt. Sie nahmen zur Überbrückung größerer Nervendefekte ein in Formol gehärtetes Rückenmark von Kaninchen. Ihre bisherigen Ergebnisse sind ausgezeichnet.

Während bei der Nervennaht und bei den bisherigen Verfahren der Wiederherstellung oft bis zu 18 Monaten gewartet werden mußte, bis sich deutliche Zeichen der Restitution einstellten, tritt dies bei ihren Verfahren schon nach 2–3 Monaten ein.

Spielmeyer konnte elf Fälle, die nach dem Verfahren von *Bethe*, Verwendung von Leichennerven, operiert waren, nachuntersuchen.

In einem Fall, *Medianus*verletzung mit einer Diastase von 6 cm, konnte er nach vier Monaten Symptome der Wiederherstellung funktionell als auch elektrisch nachweisen. In einem anderen Fall, *Ulnaris*diastase von 8 cm trat völlige Funktionswiederherstellung auf.

Verletzungen des *Plexus brachialis* werden besonders in der Kriegschirurgie beobachtet, ferner als Geburtsschädigung und als Abriß- und Ausrißverletzungen nach Erfassen des Armes durch Transmissionen. Ist der ganze *Plexus* verletzt so besteht totale Lähmung aller von ihm versorgten Muskeln. Nach erfolgter Naht restituiert sich als erster Muskel der Pectoralis major *(Foerster)*. Meist ist jedoch nicht

der ganze *Plexus* durchtrennt. *Foerster* berichtet, daß er unter seinen 287 Schußverletzungen des *Plexus brachialis* nur sechs Fälle hatte mit dauernder totaler Lähmung, sondern nach anfänglicher totaler Lähmung unmittelbar nach Trennung erholt sich ein Teil der Nervenfasern wieder und es bleibt eine dissoziierte Lähmung zurück. Am häufigsten ist C_5 und C_6 verletzt, diese Segmente bilden den *Axillaris* und *Radialis* und es resultiert eine Lähmung vom *Erbschen* Typus. Nach Naht dieses *Plexus*teiles, *Fasciculus posterior*, restituiert sich nach *Foerster* das *Axillaris*gebiet stets vor dem *Radialis*gebiet und zwar ist die Reihenfolge der Muskeln:

Deltoideus 6, Triceps 8, Brachioradialis 13, Ext. carp. rad. long. 15, Supinator 18, Ext. carp. rad. br. 18, Ext. dig. com. 19, Abd. poll. long. 20, Ext. poll. long. et br., Ext. ind. prop., Ext. carp. ulnaris 26 Monate.

Der *Fasciculus* lateralis, aus dem der *Musculocutaneus* hervorgeht und der *Fasciculus medialis*, dessen Fortsetzung der *Ulnaris* ist, geben die laterale und mediale *Medianus*wurzel ab, die den *Medianus* bilden. Sind beide *Fasciculi* durchtrennt, so regeneriert nach *Foerster* der *Musculocutaneus* stets vor dem *Medianus* und *Ulnaris*. Nach Naht des *Fasciculus lateralis* und der medialen *Medianus*wurzel beobachtete *Foerster* folgende Reihe der Muskelrestitution:
Biceps 2, Brachialis int. 3, Pronator teres 6, Flexor carp. rad. 6, Palmaris long. et Flexor dig. subl. 7, Flexor dig. prof. et Flexor poll. long 12, Daumenballen 20 Monate.

Nach *Schloeßmann* erfordern die längste Heilungszeit die Nervennähte des *Plexus brachialis*, ferner die des obersten *Ischiadicus*abschnittes.

Er erwähnt einen Fall einer *Halsplexusläsion:*
glatte Durchschneidung des größeren Teiles des *Plexus brachialis*. Das klinische Bild war das einer vollständigen *Erbschen Lähmung* mit weitgehender *Klumpkeschen Lähmung*. Es waren nur noch kraftlose Bewegungsreste in den Fingern erhalten geblieben. 4 Monate nach Nervennaht bestand noch vollkommene Lähmung mit kompletter Entartungsreaktion, nur die Fingerbewegungen hatten sich gebessert. Nach einem Jahr stellte sich Handbeugung und schwache Handstrekkung (Ext. carp. ul.) ein, nach 3 Jahren beginnende Beuge- und Streckbewegung im Ellbogengelenk. Hand- und Fingerbewegungen hatten sich gut gebessert, die Schultermuskulatur war völlig gelähmt, Entartungsreaktionen noch unverändert. Nach 5,5 Jahren war die erste aktive Beweglichkeit im Deltoideus festzustellen, die Entartungsreaktionen blieben dort noch unverändert. Nach 6 Jahren konnte der Arm im Schultergelenk etwas über die Waagrechte erhoben werden.

Es hat also der *Halsplexus* nach primärer Naht bis zur Funktionsrückkehr in all seinen Ästen einen Zeitraum von sechs Jahren gebraucht.

Auch nach *Lehmann* ist die Prognose der *Plexus*nähte sehr schlecht. *Donath* geht sogar so weit, daß er jeglichen operativen Eingriff bei *Plexus*läsionen widerrät, da er aussichtslos sei. Auch *Foerster* berichtet, daß *Plexus*nähte oft sehr lange Zeit für ihre Heilung brauchen und eine völlige Restitution vermissen lassen.

Im Gegensatz dazu steht eine von *Spielmeyer* mitgeteilte *Plexus*naht, bei der 4 Wochen später alle Bewegungen mit dem Arm, ja sogar feine Fingerbewegungen ausgeführt werden konnten. Auch *Foerster* beobachtete nach einer Naht des *Fasciculus lateralis* und der medialen *Medianus*wurzel, die 4 Monate nach der Verletzung ausgeführt wurde, 4 Wochen nach der Operation deutliche Funktion und faradische Erregbarkeit im Biceps und Brachialis int., nach 6 Wochen im Pronator teres und Flexor carpi radialis. Volle Heilung trat im *Musculocutaneus*gebiet nach 12 Monaten, im *Medianus*gebiet nach 16 Monaten ein. *Foerster* erwähnt besonders, daß in diesem Fall eine abnorme Innervation dieser beiden Gebiete durch den *Ulnaris* sicher nicht bestanden hatte.

Stoffel operierte einen Fall von Achselhöhlenschuß mit hochgradigen Narben im *Radialis*, geringeren im *Axillaris*. Der Arm war völlig gelähmt, da auch der *Medianus*, *Ulnaris* und *Musculocutaneus* abgeschossen waren. Durch sehr starke Dehnung der Nervenstümpfe konnte er sie durch Naht vereinigen.

Nach 6 Monaten erwachte der *Musculocutaneus*, nach ca. 1 Jahr der *Medianus* und *Ulnaris*. Auch die neurolysierten Nerven, *Axillaris* und *Radialis* waren wiedergekommen. 2 Jahre nach Operation ist das *Musculocutaneus*gebiet normal, Biceps athletisch stark, das *Medianus*gebiet motorisch normal, nur die Daumenballenmuskulatur war noch atrophisch. Im *Ulnaris*gebiet sind Hand- und Fingerbeuger wiedergekommen, nur die Interossei fehlten.

Schäfer operierte den vollkommen durchgerissenen *Plexus*. Es bestand völlige motorische und sensible Lähmung des rechten Armes einschließlich des Deltoideus, Supra- und Infraspinatus.

Bereits nach 14 Tagen beginnt die anästhetische Zone am Oberarm sensibel zu werden. Allmählich tritt am ganzen Arm mit Ausnahme des distalen Drittel des Unterarmes, des Handrückens und des 5. Fingers wieder völliges Gefühlsvermögen ein für Schmerz, Berührung, Kälte und Wärme.

Die Motilität trat erst nach Monaten und da nur in sehr beschränktem Umfange wieder ein. Nach 15 Monaten ist der Befund des nicht nachbehandelten Patienten folgender:

Hebung des Armes im Schultergelenk ist unmöglich, Außendrehung im Schultergelenk in geringem Umfange möglich. Der Infraspinatus wird nicht innerviert, der Supraspinatus und Suprascapularis zeigen geringe Beweglichkeit. Innendrehung im Schultergelenk unmöglich. Latissimus im oberen Drittel gelähmt. Pectoralis major et minor gering beweglich, Triceps völlig gelähmt. Beugung um 40 Grad möglich (Bi-

ceps und Brachioradialis). Pronation des Unterarmes in normalem Umfange möglich (Pronator teres und M. quadratus). Supination des Unterarmes um 20 Grad, Abduktion im Handgelenk um einige Grade möglich. Daumen und Zeigefinger können fast ganz gestreckt werden, mittlerer Finger weniger gut, die anderen Finger noch nicht. Beugung der Finger in vollem Umfange möglich. Daumenabduktion und Adduktion völlig normal.

Etzold sah nach Durchtrennung des gesamten *Armplexus* nach 6 Monaten die Funktion des Triceps, nach 8 Monaten die der Extensoren des Vorderarmes wiederkehren, *Guradze* gibt die Inkubationszeit nach *Plexusnähten* mit 1–1,5 Jahren an.

Künzel und *Geinitz* treten für möglichst frühzeitige Naht des *Plexus* ein, während *Spielmeyer* davor warnt, wegen der Gefahr, Bahnen, die in der Regeneration begriffen sind, zu durchtrennen. Man soll möglichst lange den Gang der spontanen Restitution verfolgen, bei ungenügender Restitution empfiehlt er dann, besonders bei den ganz hochsitzenden, sehr schwer zu operierenden *Plexus*läsionen, die Naht durch eine orthopädische Operation zu ersetzen. Auch *Foerster* hält die Operation nur für berechtigt, wenn nach drei Monaten noch keine Zeichen einer Spontanrestitution vorhanden sind.

Hezel tritt ebenfalls für große Zurückhaltung ein, weil ein großer Teil der *Plexus*verletzungen spontan rückbildungsfähig sei und die einzelnen *Plexus*stränge sich zum Teil funktionell ersetzen könnten.

Für den *Radialis* nach Naht in der Achselhöhle gibt *Foerster* nachstehende Zeitfolge der Restitution der einzelnen Muskeln an:
Triceps caput long. 3, Triceps cap. lat. et med. 4, Brachioradialis 6, Ext. carp. rad. long. 8, Supinator 13, Ext. carp. rad. br. 13, Ext. dig. com. 14, Abd. poll. long. 15, Ext. carp. ul. 16, Ext. poll. long. 17, Ext. poll. br. 19, Ext. ind. prop. 19 Monate.

Schwab stellt in seinen „Untersuchungen zu einem Gesetz der Lähmungstypen" Widerstandsreihen auf. Einen um so größeren Widerstand ein Muskel nach Läsion seines Nerven zeigt, desto besser und rascher erfolgt auch seine Restitution.

Für den *Radialis* lautet sie:
Triceps, Brachioradialis, Ext. carp. rad. long., Ext. carp. rad. br., Ext carp. ul., Supinator, Ext. dig. com., Ext. dig. V, Ext. ind., Ext. poll. long., Ext. poll. br., Abd. poll. long.

Nach *Ranschburg* zeigt die Reihenfolge des Eintrittes der Motilität der einzelnen Muskeln in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle der *Radialis*lähmungen ein typisches Verhalten. Zuerst erscheint die Supination und die Brachioradialisfunktion, dann die dorsale Carpusflexion, anfangs häufig nur die des Ext. carp. rad., nach dieser die Fingerstreckung und zuletzt ausnahmslos die Abduktion des Daumens.

Von seinen *Radialis*nähten zeigen 27 von 3.–6. Monat, 27 vom 6.–9. Monat und 17 vom 9.–12. Monat Restitutionsbeginn. 10 Fälle restituierten sich erst nach dem 12. Monat.

Nach *Foerster* verstreicht durchschnittlich bei zentralerem Sitz der Nervennaht viel längere Zeit bis zum Restitutionsbeginn und bis zur völligen Heilung als bei Läsionen, die weiter peripher gelegen sind.

Nach *Radialis*naht im *Plexus*, im oberen Drittel des Oberarmes, im unteren Drittel des Oberarmes restituiert sich der Brachioradialis nach 13, 8, 3 Monaten, der Ext. carp. rad. long. nach 15, 10, 5 Monaten, der Ext. dig. nach 19, 14, 9 Monaten, der Ext. poll. nach 23, 22, 16 Monaten.

Foerster berichtet 11 Fälle mit einem Restitutionsbeginn im 2. Monat, 6 Fälle im 3. Monat, 1 Fall im 12. Monat. Als durchschnittlichen Restitutionsbeginn nach *Radialis*naht gibt er 4,2 Monate an. Abnormen frühen Restitutionsbeginn bzw. abnorm schnelle Heilung hat *Foerster* bei seinem großen Material überhaupt nicht beobachtet. Den frühesten Beginn willkürlicher Bewegungen beobachtete er 6 Wochen nach erfolgter Naht.

Stracker gibt den frühesten Restitutionsbeginn nach *Radialis*naht mit 1 Monat, den durchschnittlichen mit 9 Monaten, den spätesten mit 23 Monaten an. 20 von 31 *Radialis*nähten begannen sich zwischen dem 5. und 9. Monat zu bessern.

Frühheilungen nach *Radialis*naht werden beschrieben von:

Loewenstein, der am 2. Tag nach der Naht Fingerstreckung und am 4. Tag Streckung der Hand sah.

Grosse, der eine *Radialis*naht erwähnt mit einem Restitutionsbeginn nach 3 Wochen.

Lehmann und *Dunker*, die Fälle erwähnen, bei denen 3 Wochen, 11 Tage, 2 Tage nach Operation der Restitutionsbeginn zu erkennen war.

Albrecht, der eine *Radialis*naht aus dem Jahre 1880 beschreibt: bei einer Operation wurde der *Radialis* durchtrennt. Sämtliche vom *Radialis* versorgten Muskeln sind total gelähmt und reagieren selbst für starke Ströme nicht, die Sensibilität ist nur leicht herabgesetzt. 96 Stunden nach Vornahme der Naht kann bei großer Anstrengung eine schwache Bewegung des Zeige- und Mittelfingers sowie Abduktion des Daumens ausgeführt werden. Am nächsten Tage „nimmt die Deutlichkeit der Extensionsbewegungen zu". Am 12. Tage gelingt es dem Patienten den Carpus zu heben. Die Sensibilität ist aber noch unverändert. Am 16. Tage nach der Naht kann der Daumen abduziert und dorsal flektiert werden, Extension der Phalangen gelingt leicht.

Reger, der die Rückkehr der vollkommen erloschenen Motilität und Sensibilität nach 3 Tagen konstatierte und nach 4 Monaten völlige Heilung sah.

Von Langenbeck, der am 19. Tag nach der Naht geringe spontane Beweglichkeit eintreten sah. Nach 8 Wochen ist die Anästhesie nicht mehr nachzuweisen, Fingerstreckung ist vollkommen möglich, die Hand kann unvollkommen gestreckt werden.

Esmarch, der den *Radialis* 16 Monate nach der Verletzung nähte, am 3. Tage schon die Rückkehr der Sensibilität feststellte, die nach 3 Wochen fast normal war. Zu dieser Zeit stellten sich auch die ersten Bewegungen ein, nach 3 Jahren vollständige Heilung.

Lange, der eine *Radialis*verletzung beschrieb, die er 2 Monate nach dem Trauma operierte. Die wahrscheinliche Rückkehr der Funktion trat 3 Wochen nach der Operation auf, 4 Wochen nach der Operation wurde aktive Spreizung des Daumens beobachtet. Die erste zweifelsfreie aktive Bewegung wurde nach Abnahme des Gipsverbandes 6 Wochen nach der Operation festgestellt. Nach 7 Monaten war die Heilung vollkommen. *Lange* bezeichnet diesen Erfolg als eine Ausnahme, da als Durchschnittszeit von den meisten Autoren 3—6 Monate angegeben wird, innerhalb welcher eine Rückkehr der motorischen Funktion zu erwarten ist.

Spätheilungen nach *Radialis*naht werden beschrieben von:

Borchardt, *Maus* und *Krüger*, die nach *Radialis*naht die ersten Anzeichen der Restitution nach 9 Monaten,

Perthes und *Müller*, die nach 11 Monaten,

Hoffmann und *Markoe*, die nach 1 Jahr bedeutende Besserung,

Hezel und *Schloeßmann*, die nach 18 Monaten Restitutionsbeginn beobachteten, bei der von *Schloeßmann* ausgeführten Naht konnte das Handgelenk zu dieser Zeit gehoben werden, während nach 21 Monaten die Fingerstreckung und Daumenabduktion möglich war,

Sudek, der nach 3 Jahren und 9 Monaten die ersten Anzeichen der Restitution sah.

Restitutionsbeginn nach *Radialis*naht von 1–9 Monaten beschreiben:

Exner, der 4 Wochen nach *Radialis*naht Wiederkehr der Handstreckung,

Spielmeyer, der zweimal nach 5 Wochen Wiederkehr der Handstreckung, und zweimal nach 6 bzw. 7 Monaten nahezu vollständige Heilung beobachtete,

Bruns, der in einem Fall beobachtete, daß nach 22 Tagen ein Nadelstich als Schmerz empfunden wurde und nach 13 Wochen die Hand gestreckt werden konnte. Nach 5 Monaten ging die Streckung der Hand mit normaler Kraft vor sich. In einem Fall konnte die Hand nach 4 Monaten bis zur Horizontalen erhoben werden, die vollständige Heilung nahm 1 Jahr in Anspruch.

Nußbaum, der nach 2,5 Monaten eine unvollkommene und mühsame Streckung der Hand, dagegen ziemlich vollkommene Streckung der Finger mit Ausnahme von Daumen und Zeigefinger beobachtete. Die Sensibilität war völlig wiederhergestellt.

Seiffert, der einen totalen Abschuß des *Radialis* in einer reichlich jauchenden Wunde (Staphylococcen, Streptococcen, grampositive Bazillen) nähte, nach 7 Wochen zum erstenmal die Streckmuskulatur des Unterarmes galvanisch erregbar fand und nach 8 Wochen geringe aktive Streckung des Daumens beobachtete, während sich die anderen Muskelgruppen allmählich wiederherstellten. Nach 1 Jahr war die vollständige Funktion sämtlicher Strecker der Hand und der Finger zurückgekehrt.

Perthes, der bei einer *Radialis*naht zum erstenmal den Beginn der Restitution nach 4 Monaten,

Cassirer, der den durchschnittlichen Zeitpunkt der Funktionswiederkehr nach 5–6 Monaten,

Lasserre, der nach *Radialis*resektion und Naht vollkommene Wiederherstellung der Funktkion nach 5 Monaten beobachtete,

Pollock, der nach primärer Naht die ersten Bewegungen nach 6 Monaten, bei sekundärer Naht nach 5–6 Monaten wiederkehren sah,

Lewis, der nach *Radialis*naht die meisten Erfolge mit früher Wiederherstellung der Funktion nach 5,5–6 Monaten zu verzeichnen hatte,

Busch, der bei einer *Radialis*naht, die er 4 Monate nach der Verletzung ausführte, nach 8 Wochen das Gefühl bis auf eine kleine Stelle und die Extension der Finger wiederkehren sah. Nach 8 Monaten war die Heilung eine beinahe vollständige,

König, der nach 6 Monaten das allmähliche Schwinden der Lähmung erreichte. Nach 3 Jahren war die Kraft der Bewegung annähernd normal,

Perthes, der bei einer weiteren *Radialis*naht die erste Handhebung nach 8 Monaten, die erste Extension der Grundphalangen im 11. Monat und die erste Extension des Daumengliedes im 14. Monat sah,

Bruns operierte eine *Radialis*lähmung bei einer Oberarmfraktur. 12 Jahre später wurden sämtliche Bewegungen im *Radialis*gebiet aktiv ausgeführt, wenn auch mit geringer Kraft. Der Patient soll angegeben haben, daß die Streckung der Hand erst 10 Jahre nach der Operation das erstemal ganz schwach möglich war.

Nach *Borchardt* soll eine ganz besonders günstige Stelle für anatomische und funktionelle Wiederherstellung der Leitung nach erfolgter Resektion auf der Streckseite des Vorderarmes gelegen sein, die der Strecke des Nerven entspricht, die proximal von der Abgangsstelle des Astes für den Brachioradialis gelegen ist.

Nach *Thorburn* ist ein guter Erfolg der Sekundärnaht des *Radialis* zu erwarten. Die Handgelenksstrecker erlangen gewöhnlich die volle Kraft, der Ext. dig. com. erholt sich genügend, der Ext. ind. und der Ext. poll. viel unvollkommener.

Pollock berichtet, daß bei *Radialis*läsionen die Extensoren des Handgelenkes oft gelähmt, während die Fingerstrecker nicht betroffen sind. Zuerst erholen sich die Strecker des Handgelenkes, dann die Daumen-, zuletzt die Fingerstrecker. Die Streckung des Mittelfingers kehrt vor der des Zeigefingers wieder.

Auch *Auerbach* beobachtet, daß sich die kräftigeren Strecker des Carpus rascher als die schwächeren der Finger erholen.

Verbrugge beschreibt eine *Radialis*naht, bei der der *Radialis* gelegentlich einer Knochennaht in der Mitte des Oberarmes vollständig durchtrennt und sofort wieder genäht wurde. Im 7. Monat nach der Operation traten plötzlich zuerst die Sensibilität, dann die Motilität binnen 1 Woche vollständig wieder ein.

Er knüpft daran folgende Betrachtungen:

keine Schnellheilung trotz günstigster Heilungsbedingungen,

die günstigen Heilungsaussichten des *Radialis* im Gegensatz zum *Medianus* und *Ulnaris* beruhen nur darauf, daß er nur hoch am Unterarm entspringende Muskeln innerviert, nicht auch kleine Handmuskeln, und daß auch seine motorischen Fasern weniger Gelegenheit haben, sich in sensible Bahnen zu verirren, weil er viel weniger sensible Fasern führt als *Medianus* und *Ulnaris*,

bei der Regeneration eines genähten Nerven sind zwei schwierige Phasen zu überwinden, die Durchwachsung der Narbe an der Nahtstelle, die mit einer Geschwindigkeit von 0,4 mm täglich vor sich geht und der Aufbau der Endapparate. Die Durchwachsung des peripheren Nervenstranges dagegen geht sehr schnell vor sich, etwa mit einer Geschwindigkeit von 0,5–5,0 mm täglich,

die plötzliche Wiederherstellung der gesamten Motilität bei der beschriebenen *Radialis*naht erklärt sich daraus, daß die Nervenäste für sämtliche Muskeln in gleicher Höhe abgehen, außerdem jugendliche, durch das Elektrisieren erhaltene Muskeln zur Verfügung standen (Patient war zwölf Jahre alt),

zeigt sich keine Spur von Restitution, so muß man mindestens zwei Jahre warten, zeigen sich Ansätze zur Regeneration, so ist weder Zeitdauer noch Außenmaß des Endergebnisses im voraus zu beurteilen.

Nach Naht des *Medianus* in der Mitte des Oberarmes zeigen die von ihm versorgten Muskeln folgende Reihenfolge der Restitution *(Foerster)*:

Pronator teres 4, Flexor carp. rad. et Palmaris long. 6, Flexor dig. subl. 10, Flexor dig. prof. et Flexor poll. long. 12, Opponens poll. 18, Flexor poll. br. caput rad. 18, Abduktor poll. br. 22.

Stracker hat im wesentlichen dieselbe Reihenfolge bei der Restitution des *Medianus* wie *Foerster* beobachtet, er weist darauf hin, daß im Verlauf der Restitution meist mehrere Muskeln zu gleicher Zeit ihre Tätigkeit gemeinsam wieder aufnehmen.

Seine Reihenfolge lautet:

Pronator teres, Flexor carp. rad., Flexor dig. sub l. — später folgen Flexor poll. long. und zuletzt die Muskeln des Daumenballens.

Die Widerstandsreihe nach *Schwab* lautet für den *Medianus*: Pronator teres, Pronator quadratus, Flexor carp. rad., Flexor dig. subl., Palmaris longus, Flexor dig. prof. medialer Teil, Abduktor poll. br., Flexor poll. long., Flexor poll. br., Opponens poll., Lumbricales I, II.

Nach *Pollock* ist bei *Medianus*lähmung der Flexor carpi radialis am seltensten, von den kleinen Handmuskeln der Opponens am häufigsten betroffen. Es erholen sich zuerst immer: Pronator teres, Palmaris long., Flexor carp. rad., Flexor poll. long.

Foerster errechnet als durchschnittlichen Beginn der Restitution beim *Medianus* eine Inkubationszeit von 3,2 Monaten — 5 Fälle beobachtete er mit einer Inkubationszeit von 3–4 Wochen und einen Fall von 8 Monaten. *Cassirer* gibt als Durchschnittszeit 12–15 Monate an, *Stracker* bezeichnet den frühesten Termin mit 1 Monat, den mittleren mit 9,3 und den spätesten mit 21 Monaten. *Perthes* berichtet über 2 Fälle, die sich im 4. und 5. Monat restituierten. *Ranschburg* sah im 2. Vierteljahr 1 gebesserten Fall und vom 6.–12. Monat 12 Fälle, die sich besserten.

Spitzy teilt eine *Medianus*naht mit, die von *Wirth* ausgeführt wurde, bei der die Motilität nach zwei Tagen wiederkehrte. Die Sensibilität erholte sich nicht so rasch. Nach fünf Monaten waren aber Motilität und Sensibilität fast vollkommen wiederhergestellt. Bei einer weiteren Naht von *Robertson* kehrte normales Gefühl in den Fingern sofort nach der Operation zurück, später trat völlige Heilung ein. Er führte die rasche Wiederkehr der Sensibilität auf die unverletzt gebliebene Nervenscheide zurück.

Auch Nicaise sah nach *Medianus*naht am 2. Tag erste Gefühlsempfindung an der volaren Fläche des Daumens. Bis zum 10. Tage war die Sensibilität überall zurückgekehrt und die Motilität wesentlich gebessert.

König nähte sofort nach der Verletzung den *Medianus*. Die Sensibilität war bis zur 3. Woche herabgesetzt. In der 3. Woche fingen die Muskeln an wieder zu reagieren, in der 4. Woche kehrte die Funktion des Opponens pollicis wieder, nach 15 Monaten ist der Daumenballen noch etwas atrophisch, doch ist die Bewegung mit Ausnahme der Abduktion annähernd mit normaler Kraft möglich.

In einem 2. Fall einer *Medianus*naht sofort nach der Verletzung kehrte Ende der 3. Woche die Sensibilität wieder, die jedoch nach 2 Monaten noch nicht normal war. Der Daumenballen war nach 2 Monaten noch atrophisch, doch war Opposition und Abduktion, ferner Flexion des Daumens möglich.

Kennedy nähte sechs Monate nach der Verletzung den *Medianus* und *Ulnaris* und beobachtete bereits nach einem Monat, daß der Patient die Faust vollständig schließen konnte.

Tillaux entließ einen Patienten, dessen *Medianus* am Handgelenk durchschnitten war, sechs Wochen nach der Operation mit völlig wiederhergestellter Sensibilität und Motilität.

Schlüter sah nach sechs Wochen den Beginn der Funktionswiederherstellung.

Chretien nähte den oberhalb des Handgelenkes verletzten *Medianus*. Die Beweglichkeit begann in den völlig gelähmten Abduktor und Flexor pollicis brevis, sowie in dem Opponens zehn Wochen nach der Naht, besserte sich nur langsam und war nach 18 Monaten völlig wiederhergestellt.

Neugebauer führte eine *Medianus*naht aus ohne vorhergehende Anfrischung der Nervenstümpfe. Nach zehn Wochen unterschied sich die Motilität und die Sensibilität fast nicht mehr von der Norm. Die vasomotorischen Lähmungserscheinungen hatten sich verringert.

Hoppeschar nähte 4 *Medianus*verletzungen:

beim 1. Eall war die Sensibilität nach 3 Monaten gebessert, aber noch nicht normal,

beim 2. Fall war die vorher ganz verloren gewesene Sensibilität nach 2 Tagen vollkommen zurückgekehrt, um aber nach 2 Wochen im Mittel- und Ringfinger wieder etwas herabgesetzt zu sein,

beim 3. Fall war die Sensibilität nach 4 Monaten zurückgekehrt,

beim 4. Fall war nach 4 Monaten die Sensibilität noch nicht, wohl aber die Opposition zurückgekehrt.

Perthes vereiste wegen schwerer Schmerzzustände den *Medianus* am Oberarm. Die motorische Funktion kehrte sechs Monate nach der Vereisung wieder. Es trat vollkommene Wiederherstellung der langen Muskeln der Hand und der Finger ein, während er im *Medianus*teil des Daumenballens eine unvollkommene Restitution beobachtete. Im größten Teil des sensiblen *Medianus*gebietes besteht nach mehr als zwei Jahren noch Hypästhesie.

Etzold sah nach *Medianus*durchschneidung in der Achsel 9 Monate nach der Operation den Beginn der Restitution der Vorderarmmuskeln, die nach 33 Monaten beendet war, während er erst nach 39 Monaten Kontraktionen des Opponens pollicis bemerkte.

Pisano nähte sechs Monate nach der Verletzung einen *Medianus* und sah nach einem Jahr völlige Heilung.

Herzog beobachtete erst 17 Monate nach der Verwundung die ersten Anzeichen einer Besserung.

Etzold berichtet von einer *Medianusnaht*, bei der sechs Jahre nach der Operation die Flexion der Hand noch nicht möglich war. Flexion und Extension der Grundphalangen waren spurenweise vorhanden, die anderen Phalangen wurden kaum bewegt.

Bei einem 2. Fall, Naht des *Medianus* und *Ulnaris*, ist nach 4,5 Jahren die Funktion gering. Beugung und Streckung der Hand wird ausgiebig ausgeführt. Beugung aller Finger, Adduktion und Abduktion des Daumens sind möglich. Die Opposition fehlt vollständig, die Finger können weder gespreizt noch geschlossen werden.

Noim teilt eine Schnittverletzung auf der Beugeseite des Vorderarmes 1 cm proximal vom Handgelenk mit. Der *Medianus* ist vollständig, der *Ulnaris* zu $^2/_3$ durchtrennt. Nach der Naht regenerierte sich der *Medianus* vollständig, der *Ulnaris* nur unvollkommen, da die Wunde im *Ulnaris*teil eiterte und Narbengewebe einen sehr ungünstigen Boden für die auswachsenden Nervenfasern bilden.

Lewis sah nach *Medianus*naht gute Erfolge. Im Gegensatz zu ihm berichtet

Thorburn, daß beim *Medianus* in einer sehr großen Zahl nur unvollständige Wiederherstellung der Sensibilität und der willkürlichen Bewegungen eintritt. Im Abduktor pollicis brevis treten Bewegungen nur in 45% der Fälle auf.

Nach Naht des *Ulnaris* im unteren Drittel des Oberarmes zeigen die von ihm versorgten Muskeln nachstehende Reihenfolge der Restitution *(Foerster)*:
Flexor carp. ul. 3, Flexor dig. prof. 5, Adduktor poll. 13, Interossei 16, Interosseus adduct. dig. V 18 Monate.

Die Widerstandsreihe für den *Ulnaris* lautet nach *Schwab:*
Flexor carp. ul., Flexor dig. prof., Adduktor poll., Interosseus dors. I. Interossei dors., Interossei volares, Lumbricales 3, 4.

Foerster gibt den frühesten Beginn der Restitution nach *Ulnaris*naht mit 2 Wochen, den durchschnittlichen mit 3,5 Monaten und den spätesten mit 9 Monaten an. Innerhalb der ersten 4 Wochen sah er bei 3 Fällen Restitutionsbeginn. Bei einer *Ulnaris*naht dicht oberhalb des Handgelenkes konnte er innerhalb 5 Wochen vollkommene Heilung feststellen. Die Existenz einer *Medianus-Ulnarisanastomose* konnte *Foerster* nicht nachweisen.

Ranschburg sah bei seinen Nähten innerhalb der ersten 6 Monate überhaupt keinen Erfolg, vom 6.–12. Monat zeigten 24 Fälle den Restitutionsbeginn.

Stracker teilt 2 Fälle mit, die im 2. Monat nach der Naht und 3 Fälle, die erst nach über 2 Jahren Restitutionsbeginn zeigten. Als Durchschnittswert bezeichnet er 11 Monate. Besonders erwähnt *Strakker*, daß seine *distalen Ulnaris*nähte immer erfolglos geblieben wären und glaubt mit *Foerster* den Grund darin erblicken zu können, daß die Aussprossungsenergie der Neurofibrillen mit zunehmender Entfernung der Läsion vom Rückenmark abnehme. Doch hat *Foerster* zahlreiche *Ulnaris*nähte im Bereich des Handgelenkes in vollkommene Heilung ausgehen sehen.

Stoffel berichtet, daß er nach einer *Ulnaris*naht noch am Abend der Operation Funktion in sämtlichen vom *Ulnaris* versorgten Muskeln gesehen habe.

Mann teilt 9 Fälle mit, deren Restitutionsbeginn zwischen 1 Stunde und 3 Wochen schwankt.

Perthes hat nach einer Naht des *Ulnaris* und *Medianus* nach fünf Tagen Fingerbeugung festgestellt.

Jessop nähte den *Ulnaris* 9 Jahre nach der Verletzung. Nach 8 Tagen konstatierte er die Rückkehr der Sensibilität an der Ulnarseite des kleinen Fingers. In 8–9 Monaten war die Hand brauchbar, die Sensibilität war nur an der Spitze des kleinen Fingers nicht nachweisbar.

Page sah 24 Tage nach der Naht den Beginn aktiver Streckung der Endphalangen des 4. und 5. Fingers und eine gebesserte Sensibilität. Nach 6 Wochen waren jedoch die Fortschritte gering, nach 1,5 Jahren war die Motilität normal mit Ausnahme der unvollständigen Streckung des kleinen Fingers.

Marburg und *Ranzi* sahen nach drei Wochen Restitutionsbeginn.

Roeper beschreibt eine *Ulnaris*naht mit einer Restitutionsdauer von vier Wochen, *Galland* berichtet über vollständige Heilung ein Monat nach der Naht.

Wilms sah sechs Wochen nach Naht des *Ulnaris* und *Medianus* geringe aktive Beweglichkeit der Finger.

Rawlence beschreibt eine frische Naht des *Ulnaris*, bei der die Funktion des Nerven nach zwei Monaten wieder vollkommen hergestellt war.

Howell berichtet über eine *Ulnaris*naht mit Besserung nach vier Monaten.

Spielmeyer sah bei einer *Ulnaris*naht erst nach zwei Jahren Anzeichen eines Erfolges.

König nähte den *Ulnaris* ein Jahr nach der Verletzung. Nach einem Jahr beobachtete er den Beginn der Kleinfingerbewegung, nach zwei Jahren vollkommene Wiederherstellung der Funktion. Die Sensibilität im kleinen Finger war noch nicht zurückgekehrt.

Nach *Pollock* werden bei einer Läsion des *Ulnaris* die Muskeln des Hypothenar und die Interossei zuerst betroffen. Bei Wiederherstellung der Beweglichkeit ist der Flexor carpi ulnaris der erste, die kleinen Handmuskeln die letzten. Von diesen erholt sich zuerst der Adduktor pollicis.

Potter, *Thorburn*, *Lewis* sahen nach *Ulnaris*naht keine befriedigenden Erfolge. Der Erfolg bleibt nicht selten aus und die motorische Funktion kehrt manchmal erst nach zwei Jahren wieder. Die Wiederherstellung der willkürlichen Bewegungen in den kleinen Zwischenknochenmuskeln der Hand ist überaus gering. Fast stets bleibt die eigentümliche Lähmungsstellung des 4. und 5. Fingers bestehen: Hyperextension im Grundgelenk, Beugung in beiden Endgelenken, hervorgerufen durch Lähmung der Lumbricales und des Flexor digitorum profundus.

Nach Naht des *Musculocutaneus* beobachtete *Foerster* einen Fall mit einem Restitutionsbeginn im 1. Monat, den spätesten Beginn

sah er nach 7 Monaten und als durchschnittlichen Restitutionsbeginn gibt er 4 Monate an.

Nach Naht des *Fasciculus lateralis* und der medialen *Medianus*wurzel, die *Foerster* 4 Monate nach der Verletzung ausführte, sah er nach 4 Wochen deutliche Funktion und faradische Erregbarkeit im Biceps und Brachialis internus. Volle Heilung trat aber im *Musculocutaneus*gebiet erst nach 12 Monaten ein.

Die Reparabilitätsreihe nach *Foerster* lautet:
Coracobrachialis, Biceps, Brachialis internus.

Oft sah *Foerster* nach *Musculocutaneus*schädigung nur den Brachialis internus, oft nur Brachialis internus und Biceps gelähmt, den Coracobrachialis aber intakt. Die Reihenfolge der Restitution gilt „fast durchweg".

Ranschburg sah bei einem Fall Restitutionsbeginn im 5., bei drei Fällen im 6.–9. Monat.

Bastos beobachtete nach Durchtrennung des Musculocutaneus innerhalb des Coracobrachialis und nach sofortiger Naht den Beginn der Funktionsrückkehr nach sechs Wochen.

Die günstigen Ergebnisse der Nervennaht am *Musculocutaneus* beruhen auf der Verbindung zweier, gerade an diesem Nerven erfüllten Vorbedingungen:

peripherer Sitz der Läsion, bei dem die Restitution allgemein zeitiger beginnt als bei hochsitzenden Durchtrennungen,

kürzerer Weg der Nervenfasern von der Verletzungsstelle bis zum Eintritt in den Muskel.

Nach *Bunnell* heilen die Handnerven schneller und vollständiger nach der Naht als alle anderen Nerven des Körpers. Die Zeit der Regeneration beträgt am proximalen Handabschnitt 3–7 Monate und nimmt nach der Peripherie zu ab — für jedes Fingersegment ist durchschnittlich mit einem Monat zu rechnen. Die Länge der Zeit nach der Verletzung spielt für die Regeneration keine Rolle, dagegen ist der Ernährungszustand der Hand von größter Wichtigkeit. Das Alter des Patienten hat keinen ausgesprochenen Einfluß auf die Geschwindigkeit der Regeneration, doch geht der Heilungsprozeß im ganzen bei jüngeren Individuen schneller vonstatten.

Die Nervennaht ist an der Hand und an den Fingern unschwer und lohnend. Je näher zur Peripherie die Läsion gelegen ist, um so besser sind die Resultate. Nach *Bunnell* liegt das daran, daß hier die Nerven nicht mehr gemischt sind. Er verfügt über 131 Nervennähte, 76 an der Hand, 55 an den Fingern, die er mit gutem Erfolg ausführte. Im Narbengewebe geht die Regeneration etwas langsamer vor sich.

Die Reparabilitätsreihe des *Axillaris* ist nach *Foerster* und *Küttner:*
Teres minor, Deltoideus hintere Portion, Deltoideus mittlere Portion, Deltoideus vordere Portion.

Foerster sah den frühesten Beginn der Restitution nach 1 Monat, den spätesten nach 9 Monaten, als durchschnittlichen Restitutionsbeginn gibt er 4 Monate an. Die durchschnittliche Heilung beträgt 17 Monate.

Er hat in zwei Fällen mit gleichzeitiger totaler Lähmung des *Suprascapularis* und des *Axillaris*, in denen nur der *Axillaris* durch Überpflanzung des *Thoracodorsalis* und eines *Subscapularis* heteroreneurotisiert wurde, zuerst die Funktion des Teres minor vor der des hinteren Deltoideusteiles wiederkehren sehen.

Anfänger sah eine Narkoselähmung des *Axillaris* nach sechs Wochen vollständig ausheilen.

Kimmerle berichtet einen Fall von deutlicher Atrophie des Deltoideus, Supra- und Infraspinatus, die sich vier Wochen nach einem Unfall zeigte. Die Atrophie und Schwäche der Muskeln geht nach zehn Monaten vollständig zurück.

Sehr hartnäckig sind nach *Künzel Axillaris*lähmungen, während *Perthes* nach Naht des oberen *Primär*stranges eine gute Wiederherstellung des *Axillaris* sah.

Der *Phrenicus* entspringt in seinem Hauptteil vom 4. Cervicalnerven und enthält noch sehr häufig Fasern aus C_3 und C_5. Nach den Untersuchungen von *Gossnitz* und *Felix* kann der *Phrenicus* noch von höheren oder tieferen Cervicalnerven, so von C_6, C_7, C_8 und Th_1 entspringen. Ferner weist *Felix* darauf hin, daß der *Phrenicus* noch einen 2. accessorischen Nerven, den *Nebenphrenicus* besitzen kann, der dem 5. Cervicalnerven entstammt und sich innerhalb des Brustkorbes etwa in Höhe der 1. Rippe oder noch tiefer mit dem *Hauptphrenicus* vereinigt. Bisweilen steht der *Phrenicus* mit dem *Subclavius* in Verbindung, es kann dann der *Nebenphrenicus* in der Bahn des *Subclavius* verlaufen.
Mit dem *Accessorius*, *Hypoglossus*, *Vagus* und *Sympathicus* geht er weitere Anastomosen ein.
Besonders wichtig ist seine Verbindung mit dem *Sympathicus*. Durch ihn bekommt der *Phrenicus* seine sensiblen Fasern *(Felix)*. In der Hauptsache ist er aber ein motorischer Nerv. Die ihm vom *Sympathicus* zugeführten sensiblen Fasern versorgen die Pleura diaphragmatica und das Zwerchfellperitoneum. Durch diese Zumischung sensibler *Sympathicus*fasern verhält sich der sensible Anteil des *Phrenicus* ganz anders als ein gewöhnlicher sensibler Nerv, der in der sensiblen Ganglienzelle des Spinalganglions seinen Ursprung hat. Reizt man einen solchen gewöhnlichen Nerven, so wird Schmerz nur im Ausbreitungsgebiet des Nerven empfunden, wird aber der *Phrenicus* gereizt, so werden Schmerzen im Gebiet der *Supraclaviculares* wahrgenommen.

Ricci beobachtete am Zwerchfell nach *Phrenicusexairese* schon nach einem Monat deutliche Zeichen der Atrophie der Muskelfasern. Mitten unter den atrophischen Muskelfasern konnte er aber auch Bezirke gut erkennen mit erhaltenem Muskelgewebe, so in der Nähe des Sternums und hinter dem Oesophagus. Er glaubt an die Möglichkeit, daß auch *Intercostal*nerven das Zwerchfell motorisch innervieren.

Nach *Felix* genügt der Ast vom 12. *Intercostal*nerven um die ganze Ursprungsportion des Zwerchfells von der 12. Rippe motorisch zu versorgen. Ferner haben die Untersuchungen ergeben, daß einzelne Äste aus dem *Plexus coeliacus* an solche *Phrenicus*äste gelangen, die ihrerseits sicher in der Muskulatur enden. Der Schluß, daß diese, den *Phrenicus*ästen zugeführten Fasern motorisch sind, hat nach *Felix* eine gewisse Berechtigung (Beteiligung des *Sympathicus* an der motorischen Innervation des Zwerchfells).

Nach *Launay* muß der *Phrenicus* als der einzige motorische Nerv des Zwerchfells gelten. Trotz breiter Anastomosen beider *Phrenicusstämme* muß die Autonomie beider Seiten für eine absolute angesehen werden. Die Behauptung, daß ein *Phrenicus* beide Zwerchfellhälften versorgt, ist bereits durch Tierversuche und Untersuchungen am Menschen widerlegt *(Stuertz, Ramström, Felix)*. Das Übergreifen eines *Phrenicus* auf die andere Zwerchfellseite ist nur von *Hirschfeld, Leveille* und *Luschka* beschrieben worden. *Henle, Schwalbe* und *Rauber-Kopsch* kennen solche Verbindungen nicht.

Sehr undurchsichtig ist nach *Launay* die Rolle des *Sympathicus*, nur *Felix* allein wäre der Meinung, daß der lumbale Teil des Zwerchfells vom *Sympathicus* motorisch innerviert werde. Auch die *Intercostal*nerven haben keinen Teil an der motorischen Innervation des Zwerchfells.

Auf diese Anastomosen des Phrenicus muß Rücksicht genommen werden bei der Ausschaltung des Zwerchfells durch *Phrenicuslähmung*.

Bei der *Phrenicotomie* wird der *Phrenicus* auf dem Scalenus anterior aufgesucht und aus seinem Verlauf ein Stück von 2 cm reseziert. In 20–25% der Fälle erreicht man aber dadurch keine dauernde Lähmung einer Zwerchfellhälfte, da nach *Felix* der in dieser Zahl vorkommende, *Nebenphrenicus* eine dauernde Lähmung verhindert. Er empfiehlt daher die Exairese und entfernt bis zu 12 cm des Nerven. Eine Regeneration des *Phrenicus* auf so große Strecken tritt aber nach *Felix* nicht ein.

Zur zeitlichen Ausschaltung einer Zwerchfellhälfte hat *Friedrich* vorgeschlagen den Nerven zu quetschen, *Kirschner, Goetze* und *Pethes* haben zu diesem Zwecke die Vereisung ausgeführt.

Nach Freilegung des *Phrenicus* am Halse wird er mehrere Male hintereinander mit Kohlensäureschnee oder Chloräthyl vereist. Die Zwerchfellähmung ist dann, falls kein *Nebenphrenicus* vorliegt eine totale und pflegt 4–5 Wochen vorzuhalten.

Nach *Goetze* wird längere *Phrenicus*lähmung (1–3 Monate) durch Resektion der subclavischen *Nebenphrenicus*wurzel und durch Vereisung des übriggebliebenen *Hauptstammes* (5–15 Minuten) erreicht. Nach einer *Phrenicusvereisung* sah er bereits nach fünf Wochen deutliche, wenn auch noch abgeschwächte respiratorische Eigenkontraktionen.

Bernou berichtet über 22 Fälle von *Phrenicus*-Alkoholisierung. Bei vier Kranken fand sich die Zwerchfellbewegung ganz oder zum Teil nach 2–8 Wochen wieder. Um die Muskelfunktion vom Nerven aus zu unterdrücken ist Anwendung von fast absolutem Alkohol erforderlich. 80%iger Alkohol bewirkt eine Lähmung von 2–6 Monaten, 70%iger nur eine sehr vorübergehende. Die Einspritzung von Alkohol in den Stamm des *Phrenicus* muß in einer Ausdehnung von 5 cm erfolgen, wenn eine Zwerchfellähmung von der Dauer von mindestens eines Jahres erreicht werden soll.

Nach *Michetti* setzt die Alkoholisierung des *Phrenicus* eine Lähmung des Zwerchfells, die in günstigen Fällen mehrere Jahre betragen kann.

Ohm beschreibt Fälle von Zwerchfellähmungen nach primärer fibrinöser Pleuritis, die in 10–12 Tagen geheilt waren. Noch günstiger gestalten sich nach Ohm die Fälle, die anschließend an eine *Kulenkampffsche* Plexusanästhesie auftreten. Ein Patient von *Sievers* zeigt nach drei Tagen Rückgang aller Symptome.

Im Anschluß an eine Lähmung des *Medianus* mit aufsteigender Neuritis beobachtet *Meißner* eine anschließende Zwerchfellähmung, die er durch Übergreifen der Neuritis auf den *Phrenicus* erklärt. Heilung sah er nach fünfwöchentlicher Behandlung.

Eulenburg beschreibt eine rheumatische Zwerchfellähmung, die nach zwei Monaten Faradisation fast vollständig zurückging.

Sobolevitsch beobachtete eine *Phrenicus*lähmung als Folge eines Geburtstraumas. Die Atembeschwerden verschwanden allmählich nach sechs Wochen. Bei der gleichzeitig bestehenden Lähmung am Arm nach *Erbschen* und *Klumpkeschen* Typus bildete sich zuerst die Lähmung der Vorderarmmuskeln zurück, nur zögernd erholte sich später auch die Oberarmmuskulatur. Allgemein sagt *Sobolevitsch*, daß die meisten Fälle vor oder spätestens innerhalb 9 Monaten heilen. In einem Fall ließ sich jedoch noch nach 11,5 Monaten, in einem anderen nach 4 Jahren, in einem weiteren, sofern die geburtstraumatische Ätiologie zutraf, noch nach 12 Jahren im Röntgenbild ein Zwerchfellhochstand nachweisen.

Epstein beobachtete eine Zwerchfellähmung als Folge einer Geburtslähmung des *Plexus brachialis*. Nach zwei Jahren zeigte sich noch keine Besserung.

Drei Monate nach Phrenicusquetschung war in keinem Fall die Funktion des Diaphragmas eingetreten. *Brea* ist allerdings der Meinung, daß eine Regeneration des Nerven nicht vor 4–8 Monaten zu erwarten sei. Auch von *O'Brien* erfahren wir, daß die gewöhnliche Quetschung des

Phrenicus eine sechs Monate dauernde Ruhigstellung des Zwerchfells nach sich zieht.

Stuertz und *Sauerbruch* machten sowohl im Tierversuch als auch am kranken Menschen die Beobachtung, daß das gelähmte Zwerchfell schlaff und zu Eigenbewegungen unfähig sei. Die aber tatsächlich noch vorhandenen Zwerchfellbewegungen führten sie auf Kräfte zurück, die aus der Umgebung wirken und bezeichneten daher diese Bewegung als passiv. Die passive Bewegung der gelähmten Zwerchfellhälfte nannten sie die widersinnige oder die paradoxe Bewegung, weil sie der Bewegung der gesunden Hälfte entgegengesetzt war, und die Bewegung des gesamten Zwerchfells wagebalkenartig, weil die beiden Hälften unter sich immer entgegengesetzte Bewegungen ausführten.

Daneben beobachteten sie noch eine seitliche Bewegung, die von einem Zug herrührt, den die, sich verkürzende gesunde Hälfte, auf die gelähmte ausübt.

Ken Kure kam bei zahlreichen Untersuchungen über den Zwerchfelltonus an Kaninchen, Hunden, Katzen und Affen zu dem Ergebnis, daß dieser auch weiter bestehen bleibt, wenn das Zwerchfell künstlich gelähmt wird. Er führt das Fortbestehen des Zwerchfelltonus auf eine besondere Innervation durch den *Sympathicus* zurück: in jedem quergestreiften Muskel ist ein glatter versteckt. Durch Ausreisen des *Phrenicus* vom Halse aus erzielte *Ken Kure* eine Lähmung der betreffenden Zwerchfellseite und meist einen Stillstand in Ausatmungsstellung, selten eine geringe gleichsinnige, mit der anderen Seite erfolgenden Bewegung, aber keine Tonusabnahme.

Er schließt daraus, daß die im *Phrenicus* selbst enthaltenen *sympathischen* Fasern nichts mit dem Zwerchfelltonus zu tun haben (wahrscheinlich *Splanchnicus*fasern).

Die Versuche von *Felix* stimmen damit nicht überein. Er durchschnitt bei zwei Hunden und drei Kaninchen einseitig den Nerven in der Brusthöhle. Die Durchleuchtung, einige Tage nach der Operation ausgeführt, zeigt entweder Stillstand in Ausatmungsstellung oder (zweimal) widersinnige Bewegung der gelähmten Zwerchfellhälfte. Bei allen Tieren wurde dagegen diese paradoxe Bewegung vom geöffneten Bauch aus beobachtet. Einen wesentlichen Unterschied im Spannungszustand zwischen gelähmter und gesunder Zwerchfellhälfte konnte *Felix* nicht nachweisen.

Um die widersprechenden Ergebnisse zu klären führte *Felix* folgende Versuche aus:

Er geht von der Erfahrung aus, daß lineäre *Phrenicus*durchschneidung auf dem Scalenus anterior das Zwerchfell bei 20–25% der Kranken nur teilweise lähmt. Die betreffende Zwerchfellhälfte führt vorwiegend bei tiefer Atmung, wenn auch geringe, so doch mit der anderen Seite gleichsinnige Bewegungen aus. Manchmal steht sie auch, ohne dafür Verwachsungen angeben zu können, still. Dagegen beobachtet man nach

Exairese des *Phrenicus*, die alle Wurzeln und Varietäten unterbricht, immer widersinnige Zwerchfellbewegungen.

Die Ausschaltung aller *Phrenicus*wurzeln kehrt also erst die Bewegung um, macht aus einer aktiven eine passive, aus einer gleichsinnigen eine widersinnige.

Felix durchschnitt einem Hund beiderseits die oberste *Phrenicus*wurzel. Durchleuchtung ergibt gleichen Stand des rechten und linken Zwerchfells. Beide steigen bei der Einatmung herab.

Bei einem zweiten Hund suchte er nach beidseitiger Durchschneidung der obersten *Phrenicus*wurzel die mittlere *Phrenicus*wurzel auf und durchschnitt sie beidseitig. Die Atmung steigt von 20 auf 30, der Puls bleibt unverändert. Die Durchleuchtung ergibt Stillstand des Zwerchfells.

Alle drei Wurzeln schaltete *Felix* bei einem Hunde durch Exairese aus. Zunahme der Atmung von 20 auf 80, des Pulses bis über 200. Durchleuchtung zeigt deutlich die widersinnige Zwerchfellbewegung, Hochsteigen bei Einatmung, Herabsteigen bei Ausatmung.

Die Unterschiede in den Ergebnissen der Versuche *Ken Kures* und von *Kroh* einerseits und den Versuchen von *Felix* andererseits sind auf die Unterschiede in der Ausdehnung der *Phrenicus*unterbrechung zu suchen. Besonders weist *Felix* darauf hin, daß unversehrte Wurzeln sehr oft zurückbleiben. Er konnte dies bei der späteren Sektion an Hunden und Katzen sehr oft nachweisen.

In einer weiteren Versuchsreihe glaubt *Felix* nachweisen zu können, daß die Annahme eines besonderen, von Bewegungsnerven unabhängigen, für sich nervenversorgten Muskeltonus des Zwerchfells nicht gerechtfertigt ist. Er konnte das Zwerchfell durch völlige Ausschaltung seines Bewegungsnerven und der aus der Umgebung wirkenden Kräfte völlig zur Entspannung bringen.

Von der pathologischen Wirkung einer *Phrenicotomie* konnte sich *Walther* acht Wochen nach der Operation autoptisch überzeugen: das Zwerchfell hing schlaff im Brustkorb, war kaum 2 mm dick, während das nicht gelähmte fest kontrahiert und 4–5 mm dick war. Das gelähmte Zwerchfell war mikroskopisch fettig degeneriert.

Koch teilt mit, daß bei den ersten, durch einfache lineäre Durchtrennung des *Phrenicus* behandelten Kranken schon vier Monate nach dem Eingriff das distale Nervenende wieder seinen Leitungsanschluß bekommen hatte.

Er durchschnitt beidseitig den *Phrenicus* bei einem 42 jährigen Mann mit schwerstem Singultus, den linken *Phrenicus* 7 Wochen nach der rechtsseitigen *Phrenicotomie*. 5 Monate nach dem letzten Eingriff zeigen

bei der Durchleuchtung beide Zwerchfellhälften einen relativen Hochstand, beide sind schön gewölbt und bewegen sich bei tiefer Inspiration unter kräftiger Entfaltung des Pleurasinus abwärts.

Die Folgen der doppelseitigen *Phrenicotomie* waren nach fünf Monaten soweit ausgeglichen, daß *Kroh* versucht war, an eine Wiedervereinigung der Nervenenden und an die Rückkehr aktiver Zwerchfelltätigkeit zu glauben.

Bei dem von *Sauerbruch* und *Jehn* wegen schwerster Atmungskrämpfe doppelseitig durch einfache Durchschneidung phrenicotomierten tetanuskranken Jungen fand Sauerbruch bei einer 3,5 Jahre später ausgeführten Nachuntersuchung maximalen Hochstand beider Zwerchfellhälften, die sich bei der Inspiration kaum nach unten bewegten.

Es war also nach 3,5 Jahren noch eine Zwerchfellähmung vorhanden. Bei einer weiteren Nachuntersuchung 5 Jahre nach der *Phrenicotomie*, ausgeführt von *Felix*, zeigte sich eine aktive Zwerchfellbeweglichkeit, die völlig einer normalen glich.

Ein weiterer Lungenkranker zeigte 1,5 Jahre nach der *Phrenicus*durchschneidung eine ausgiebige Beweglichkeit des Zwerchfells, genau wie auf der anderen Seite.

Felix beobachtete nach Durchtrennung des *Phrenicus* und sofortiger Wiederimplantation nach drei Wochen den Vorgang der Degenerationsunterbrechung, Endplatten fanden sich nach frühestens drei Monaten, zur selben Zeit, in der auch erste aktive Bewegungen der erhalten gebliebenen Muskulatur auftraten. Die Einpflanzungsnarbe wird von den zahlreichen Neuriten nicht vor der sechsten Woche durchwachsen.

Smith teilt zwei Fälle mit, bei denen der *Phrenicus* nach Resektion drei bzw. sieben Monate benötigte, um sich zu regenerieren.

Launay berichtet, daß trotz ausgedehnter Resektion von 8–10 cm Regeneration in einer Zeit von 12–18 Monaten angenommen werden muß. Die Frage wie das geschieht, ist noch umstritten. *Skillern* fand bei einer erneuten Operation nach 9 Monaten einen dünnen Strang.

Die Regeneration scheint aber praktisch nicht vorzukommen, wenn das resezierte Stück über 12 cm beträgt.

Nach Naht des *Tibialis* beobachtete *Foerster* folgenden zeitlichen Ablauf der Restitution in den von ihm versorgten Muskeln:
Gastrocnemius 5, Soleus 5, Tibialis post. 8, Flexor dig. long. 15, Flexor hallucis long. 15, Sohlenmuskeln 24 Monate.

Schwags Widerstandsreihe für den *Tibialis* lautet:
Soleus, Gastrocnemius, Tibialis post., Flexor hallucis long., Flexor dig. long.

Foerster sah als frühesten Restitutionsbeginn beim *Tibialis* 2 Monate, als spätesten 8, als durchschnittlichen Restitutionsbeginn gibt er 4 Monate an. Abnorm schnelle Heilung hat er nicht beobachtet. Die Sohlenmuskulatur bleibt nach *Tibialisläsion* oft dauernd gelähmt.

Ranschburg berichtet zwei Fälle, die im 6.–9. Monat und sechs Fälle, die im 9.–12. Monat Restitutionsbeginn zeigten.

Nach *Lewis* kann sich die Funktion nach *Tibialis*naht frühestens sieben Monate nach der Operation wieder einstellen.

Nach Naht des *Peroneus* beobachtete *Foerster* folgenden Restitutionsablauf in den von ihm versorgten Muskeln:
Peroneus longus 6, Peroneus brevis et Ext. dig. long. 9,
Tibialis anterior 13, Ext. hall. 19, Ext. dig. brev. 24 Monate.

Schwabs Widerstandsreihe für den Peroneus lautet:
Tibialis anterior, Peroneus longus, Peroneus brevis,
Ext. hall. long., Ext. dig. longus.

Nach *Stracker* restituiert sich der *Peroneus* frühestens nach vier Monaten, sechs Fälle von ihm zeigten eine Inkubationszeit von mehr als zwei Jahren. Dabei restituiert sich der Tibialis anterior vor dem Extensor digitorum longus. Auch *Kramer* kommt zum gleichen Ergebnis.

Foerster, der an erster Stelle die Peronei und den Extensor digitorum longus anführt, gibt zu, daß man zweifellos sehr oft Spuren einer Kontraktion im Tibialis anterior sieht, ehe der Ext. dig. long. schon wieder erregbar ist. Er fügt aber sofort hinzu, daß in allen seinen Fällen die volle Restitution des Tibialis anterior später abgeschlossen war, als im Ext. dig. long.

Als frühesten Restitutionstermin nach *Peroneus*naht bezeichnet *Foerster* 2 Monate, als durchschnittlichen 6,5 und als spätesten 12 Monate.

Pollock beobachtete nach primärer Naht des *Peroneus* die erste Wiederkehr der Funktion nach sieben Monaten und zwar in dieser Reihenfolge:
Tibialis anterior, Peronei, Ext. dig. long., Extensor hallucis.

Ranschburg berichtet einen Fall, der im 3.–6. Monat und 14 Fälle, die nach dem 6. Monat Restutitionsbeginn zeigten.

Cassirer gibt die Dauer der durchschnittlichen Inkubation bei *Peroneus*nähten mit neun Monaten an.

Beck und *Reither* sahen bei einer partiellen *Peroneus*naht nach 22 Tagen fast völlige Heilung.

Blencke beobachtete die Wiederkehr der Funktion sieben Monate nach einer *Peroneus*naht.

Nach Naht des *Ischiadicus* am Tuber ischii beobachtete *Foerster* folgenden zeitlichen Ablauf der Restitution in den von ihm versorgten Muskeln:

Kniebeuger, 5 Gastrocnemius et Soleus 8, Peroneus longus 9,
Peroneus brevis et Tibialis post. 11, Ext. dig. long. 12, Tibialis ant. 14,
Flexor dig. long., Flexor dig. br. et Flexor hallucis long. 17,
Extensor hall. long. 22, Sohlenmuskeln 28, Extensor dig. brevis.

Bei hohen Verletzungen des *Ischiadicus*, wo also sowohl der ganze *tibiale*, als auch *peroneale* Teil gleichmäßig betroffen wurde, regeneriert nach den Angaben fast aller Autoren der tibiale Anteil rascher und besser als der peroneale Anteil. *Foerster* und *Stracker* weisen aber besonders darauf hin, daß die Reparabilität des *peronealen* Gebietes keine schlechtere ist als die des *tibialen*. Ja *Stracker* kommt dahin zu behaupten, daß sich die Muskeln des *Peroneus* rascher und mindestens ebenso zahlreich und kräftig als die Muskeln des *Tibialis* erholen. Ganz allgemein behauptet *Spitzy*, daß es nach Ablauf von drei Jahren keinen Unterschied in den Nahterfolgen mehr gäbe, so z. B. zwischen *Peroneus* und *Radialis*, während im 1. und 2. Halbjahr der Erfolg der *Radialis*naht den der *Peroneus*naht um ein Vielfaches überstieg.

Foerster gibt als frühesten Beginn der Restitution nach *Ischiadicus*nähten 2 Monate, als durchschnittlichen 7 und als spätesten 16 Monate an.

Zuerst restituieren sich die langen Knieflexoren, einige Male restituierte sich zunächst nur der Semitendinosus. Mehrere Male sah *Foerster* merklich und deutlich die Restitution des Semimembranosus und Semitendinosus vor der des Biceps. Erst nach einer Pause von drei Monaten folgen Gastrocnemius und Soleus.

Schwabs Widerstandsreihe für den *Ischiadicus* lautet:

Semimembranosus, Semitendinosus, Biceps, Soleus, Gastrocnemius,
Tibialis ant., Tibialis post., Peroneus long., Peroneus br.,
Flexor hall. long., Ext. hall. long., Flexor dig. long., Ext. dig. longus.

Pollock fand, daß bei *Ischiadicus*läsion der *Peroneus* eine größere Vulnerabilität als der *Tibialis* zeigte. Die Reihenfolge der Erholung war:
Gastrocnemius, Tibialis posterior, Peronei, Tibialis anterior,
Extensor digitorum longus, Zehenbeuger.

Nach *Auerbach* sind die Dorsalflexoren des Fußes und der Zehen, sowie die Abduktoren stärker paretisch und erholen sich langsamer als die Plantarflexoren und die Adduktoren.

Ranschburg gibt als Differenz zwischen *tibialem* und *peronealem* Gebiet vier Monate an.

Spielmeyer beobachtete nach *Ischiadicus*nähten eine Inkubationszeit bis zu 2,5 Jahren. Bei einer Naht besserte sich der *tibiale* Anteil nach 16 Monaten, der *peroneale* Anteil nach 23 Monaten.

Perthes beobachtete bei einem Fall nach 1 Jahr Funktion der Wadenmuskeln. Erst nach über 2 Jahren stellte er die ersten Anzeichen der Funktionsrückkehr im *Peroneus*gebiet fest.

Stracker berichtet über 4 Fälle, die sich im 7. und 8. Monat nach *Ischiadicus*naht restituierten. In weiteren 4 Fällen zeigte sich erst nach mehr als 2 jähriger Beobachtung ein Erfolg. Als Durchschnittswert gibt er 15 Monate an. Zum selben Ergebnis kommt auch *Cassirer*.

Donath und *Makai* sahen zwei Tage nach *Ischiadicus*naht leichte Zehenbewegungen, aber die Restitution blieb dabei stehen.

Erwähnt wurde schon die von *Thiemann* mitgeteilte *Ischiadicus*naht, bei der der Patient am Ende der 2. Woche die Zehen bewegen konnte und nach 3 Monaten vollkommen normale Beweglichkeit des ganzen Fußes und keinerlei Störungen auf dem Gebiete der Sensibilität mehr bestanden.

Ambrosetto nähte eine völlige Durchtrennung des *Ischiadicus* bei unkomplizierter Oberschenkelfraktur. 4 Wochen nach der Naht begann die Rückkehr der Funktion, nach 1 Jahr konnte er nahezu vollständige Heilung feststellen.

Stoffel sah 5 und 7 Wochen nach *Ischiadicus*naht Funktionsrückkehr im *Tibialis*gebiet.

Pisano nähte die Stümpfe eines durchschossenen *Ischiadicus* zusammen. Nach 6 Monaten war nur noch eine geringe Schwäche beim Gehen zurückgeblieben.

Pollock sah nach primärer Naht des *Ischiadicus* Funktionsrückkehr nach 6,5 Monaten.

Perthes gibt an, daß eine Naht nach 11 Monaten, eine andere nach mehr als 2 Jahren erst einen Erfolg zeigte.

Dodge beobachtete aktive Beugemöglichkeit nach 1 Jahr.

Hezel sah in einem Fall erst nach 15 Monaten Restitutionsbeginn.

Dogliotti durchtrennte bei einem 10 jährigen Kranken mit schwerster Lähmung beider Beine (vor 5 Jahren Poliomyelitits) den *Ischiadicus*.

Vor der Operation waren nur schwach angedeutete Zehenbewegungen und Plantarbeugung des Fußes möglich. Nach der Durchtrennung des einen *Ischiadicus* im oberen Drittel des Oberschenkels bestand natürlich sofort totale Lähmung.

2 Jahre nach der Naht kehrten die anfangs schon möglich gewesenen Bewegungen wieder zurück. Nach weiteren 2 Jahren hatte sich die Funktion der Zehenbeuger und des Triceps sehr gestärkt, ebenso war die früher fehlende Zehenstreckung nachweisbar. Der Sensibilitätsausfall war bis auf eine ganz leichte Hypäthesie verschwunden.

Dieser Fall zeigt, daß die Wiederherstellung eines durchschnittenen Nerven bei Poliomyelitis mit gleicher Schnelligkeit erfolgt wie bei normalem Nerven, daß eine Vermehrung der motorischen Nervenfasern

eingetreten sein muß, weil die Leistung in den vorher nur schwach beweglichen Muskeln sich bedeutend verstärkt hatte und daß die Beweglichkeit auch in den Muskeln wieder erwacht war, die vor dem Eingriff völlig gelähmt waren und daß die Sensibilität sich bis auf geringe Reste völlig wiederhergestellt hatte.

Reparabilitätsreihe des *Femoralis (Foerster)*:
Ileopsoas, Sartorius, Rectus femoris, Vastus lateralis,
Vastus intermedius, Vastus medialis.

Über die Größe der Vulnerabilität der letzten drei Muskeln kann *Foerster* keine bestimmten Angaben machen, da sich in der Restitution von Fall zu Fall Differenzen zeigen. Er glaubt jedoch, daß der Vastus medialis am leichtesten geschädigt wird und sich auch am schwersten von allen erholt. Sicher ist die größere Resistenz und bessere Reparabilität des Rectus femoris gegenüber den Vasti und die des Sartorius gegenüber dem Quadriceps. Der Ileopsoas ist nie ganz gelähmt, da er auch Äste aus dem *Plexus lumbalis* direkt bekommt.

Perthes verfolgte die Regeneration des *Femoralis* nach Durchschneidung und sofortiger Naht. Sie trat drei Monate nach der Naht in Erscheinung.

Dos Santos Caldeira spricht von Schußverletzungen des *Femoralis*. Die Operation beseitigte die Ausfallerscheinungen innerhalb eines Jahres so gut wie völlig.

Cary gibt zwei Fälle an, in denen durch ungewöhnlichen Tiefstand des kindlichen Kopfes im Becken, der *Femoralis* vollständig gelähmt war durch den direkten Druck des Kopfes auf den Nerven. In einem Fall dauerte die Wiederherstellung 12, in dem anderen Fall 24 Wochen.

Hasse teilt aus der *Foersterschen* Klinik mit, *Foerster* habe bis 1919 3492 Fälle von Schußverletzung peripherer Nerven beobachtet. Davon treffen 275 Fälle auf die Verletzung von *Gehirnnerven*, wobei aber nicht Verletzungen des *Opticus*, *Trochlearis*, *Abducens* und *Octavus* mitgezählt sind.

Diese 275 Fälle machen 8% der Gesamtzahl aus. In vielen Fällen war nicht ein einziger Nerv verletzt, sondern zwei oder mehrere Gehirnnerven zu gleicher Zeit betroffen. Bei Berücksichtigung dieser Tatsache erhöht sich die *Foerstersche* Zahl auf 390.

Am häufigsten verletzt war der *Trigeminus* mit 53,8%, dann der *Facialis* mit 29%, *Glossopharyngeus* mit 1,8%, *Vagus* mit 3,6%, *Accessorius* mit 5,1%, *Hypoglossus* mit 6,7%.

Foerster zählte unter seinem Material 210 *Trigeminus*verletzungen. Alle Äste des *Trigeminus* waren nur achtmal betroffen, am häufigsten

war der 3. Ast befallen und davon wieder am öftesten der *Alveolaris inferior* isoliert verletzt, am seltensten der *Lingualis*. *Foerster* erklärt das damit, daß es auch bei den Gehirnnerven eine verschiedene Vulnerabilität der einzelnen Fasern innerhalb des Nerven gibt, denn in manchen Fällen saß die Läsion soweit zentral, daß auch die anderen Ästen ausfallen hätten müssen. Die Gehirnnerven gleichen also darin vollständig den peripheren Nerven. Der 3. Ast des *Trigeminus* ist also der vulnerabelste und von diesem wiederum der *Alveolaris inferior*, während der *Lingualis* den größten Widerstand gegen Verletzungen bietet. Von den Ästen des *Alveolaris inferior* zeigt wieder der *Mentalis* die größte Vulnerabilität.

Da bekannt ist, daß nach *Trigeminusexairese* 10 cm und noch mehr in einem Jahr regenerieren, so wurde zur Bekämpfung der *Trigeminusneuralgie* sowohl Exairese wie Resektion und Injektion empfohlen.

Nach *Donath* schützen aber all diese Eingriffe nicht vor einem Rezidiv, das schon nach sechs Wochen auftreten kann. Die Ursache der Rezidive ist in der experimentell reichlich erwiesenen Regeneration der Nervenfasern zu suchen, die vom *Ganglion Gasseri* ausgeht.

Nach *Frazier* enthält die sensible *Trigeminuswurzel* eine größere Zahl von sensiblen Nervenzellen, die nahe der Pons oft in Gruppen zusammengelegen sind. Die distal von diesen erfolgte Durchtrennung der Wurzeln erlaubt die Regeneration des Nerven von dieser Zellgruppe aus.

Bei einer 76 jährigen Frau mit *Trigeminusneuralgie* des 3. Astes injizierte *Donath* Alkohol in das Foramen mentale und nach 6 Tagen in das Foramen ovale. Nach 6 Monaten traten wieder Schmerzen auf, worauf Alkoholinjektionen in den *Infraorbitalis* und *Mentalis* eine neue halbjährige Schmerzfreiheit ergaben.

Ein weiterer Patient von ihm mit *Trigeminusneuralgie* des 2. und 3. Astes blieb auf eine Alkoholinjektion hin 2 Jahre schmerzfrei.

Bei einem weiteren Patienten betraf die Neuralgie die Stirne, die Umgebung des Auges, der Nasenseite und der Wange. Nach Alkoholinjektion in den *Supraorbitalis* und in das Foramen rotundum pausierten die Schmerzen 1 Jahr.

Rezidive sind nach *Donath* bei sorgfältig ausgeführten Injektionen durchaus nicht häufiger und treten nicht früher auf als nach blutigen Resektionen.

Nach *Schneider* beträgt die Schmerzfreiheit nach peripherer Alkoholinjektion in die *Trigeminusäste* 12–18 Monate, *Taptas* erzielte durch Alkoholinjektion in das *Ganglion Gasseri* Schmerzlosigkeit von 7–8 Jahren. Nach *Haguenau* halten neurolytische Injektionen in den Stamm des *Trigeminus* 18 Monate, manchmal sogar Jahre vor.

Heilmann berichtet, daß die Regeneration in dem *Alveolaris inferior* und *superior* in allen Fällen erfolgt, wo nicht ungünstige Narben den Wiederanschluß vereiteln. Die Regenerationsdauer für das Zahnfleisch beträgt 6–12 Wochen, für die Zahnnerven ist erst nach 4–5 Monaten die Wiederkehr der Sensibilität elektrisch feststellbar. Vollkommene Wiederherstellung der Sensibilität wird aber erst nach Jahren erreicht.

Matzdorff berichtet über eine Heilungsdauer von 14 Tagen bei rheumatischer Lähmung des *2. Trigeminusastes.*

Hasse teilt aus der *Foersterschen* Klinik 113 *Facialis*verletzungen mit. Davon war 43 mal der *Facialis* isoliert betroffen. Am häufigsten war von seinen Ästen der *Mundfacialis* geschädigt. In den meisten Fällen kam aber nach *Hasse* eine direkte Nervennaht nicht in Frage, sondern es wurde eine Nervenüberpflanzung vorgenommen.

Bunnell berichtet über eine Naht des *Facialis* in seinem Verlauf innerhalb des Schläfenbeins 4 Monate nach der Verletzung.

6 Monate nach der Naht sah man die ersten Zeichen einer Funktionsrückkehr im *Facialis*gebiet: das Auge blieb nachts geschlossen. Nach 8 Monaten fing der Patient an die Nasolabialfalte zu bewegen, nach 9 Monaten konnte er den Mund spitzen, nach 11 Monaten ließ das Tränenträufeln nach und nach 13 Monaten konnte der Patient pfeifen.

Bei dieser Naht war nach 14 Monaten volle Beweglichkeit aller vom *Facialis* versorgten Muskeln vorhanden mit Ausnahme des *Frontalis*, der erst 3 Monate später innerviert werden konnte.

Ballance legte den *Facialis* im *Fallopschen* Kanal frei, resezierte und schaltete ein Stück eines degenerierten Nervenastes dazwischen.

Bei dieser Naht stellte sich die faradische Erregbarkeit der Gesichtsmuskulatur schon nach 4 Wochen wieder ein.

Neugebauer beschreibt eine *Facialis*naht, die er am Tage nach der Verletzung ausführte:

am 11. Tage nach der Naht zeigt der *Mundfacialis* eine unverkennbare Besserung. Nach knapp 4 Wochen sind die Lähmungserscheinungen am *Mundfacialis* fast verschwunden, die des Augenastes zeigen einen eben zu bemerkenden Rückgang. Der Stirnast ist noch unverändert. Nach einem Jahr ist die kranke Seite des Gesichtes etwas abgeflacht, *Stirnfacialis* ist noch paretisch, die Stirnrunzeln sind weniger scharf wie auf der gesunden Seite. Lidschluß ist bis auf einen schmalen Spalt am inneren Canthus vollständig. Der *Mundfacialis* funktioniert vollkommen. Im Frontalis besteht noch eine geringe Herabsetzung der faradischen und galvanischen Erregbarkeit. Auch im übrigen *Facialis*gebiet besteht ebenfalls noch leichte Herabsetzung der Erregbarkeit für beide Ströme im Vergleich zur gesunden Seite.

Die Reihenfolge der Regeneration ist also bei dieser Naht: *Mundast, Augenast, Stirnast.*

Martin sah 5 *Facialis*lähmungen als Folge radikaler Mastoidoperation. Die Lähmungen gingen ohne besondere Behandlung innerhalb einiger Monate zurück. Auch nach *Lehmann* bedürfen die Verletzungen einzelner Äste des *Facialis* keines chirurgischen Eingriffes, da fast stets eine Spontanheilung eintritt. Unter 21 Fällen der *Billroth*schen Klinik trat 16 mal völlige Heilung ohne Operation ein. Leichtere Paresen verschwanden nach 12 Tagen bis 3 Wochen, sonst innerhalb 1,5–4 Monaten.

Operativ behandelte einmal *Martin* eine *Facialis*lähmung, indem er den Nerv in dem Knochenkanal freilegte und nach Anfrischung und Mobilisierung vernähte. 14 Monate nach der Operation war das Gesicht in Ruhe symetrisch, die Nasolabialfalte war wiedergekehrt, das Auge konnte völlig geschlossen werden. Der Frontalis war aber noch nicht funktionsfähig.

Sewall legte den *Facialis* bei einer *Facialis*parese im *Fallop*schen Kanal frei. Die gefundene Schwellung des Nerven wurde durch operative Entlastung zu beeinflussen gesucht. Die Rückbildung der Parese dauerte sechs Monate.

Juzelevski injizierte 1,5 ccm eines 80% igen Alkohols am Angulus mandibulae in den *Facialis*. Es trat sofort eine bedeutende Parese der entsprechenden Muskeln auf, die Wiederherstellung der motorischen Funktion dieser Muskeln und das Aussetzen jeglicher Pareseerscheinungen erforderte eine dreimonatliche physiotherapeutische Behandlung.

In einem zweiten Fall mit ähnlicher Behandlung schwand die vollständige Lähmung der *Facialis*muskeln der entsprechenden Seite nach 90 Minuten und am anderen Tage war keine Asymetrie des Gesichtes mehr nachzuweisen.

Härtel gibt an, daß Lähmungen, die nach Alkoholinjektionen in benachbarte *Trigeminus*äste oder in den *Facialis*stamm auftreten, nach 3 Monaten bis höchstens 1,5 Jahren zurückgehen.

Manasse beobachtete vollkommene Heilung einer totalen *Facialis*lähmung nach 23 Tagen bei Otitis media acuta.

Foa sah bei einem 10 Monat alten Kinde nach allgemeinem Unwohlsein und Magen-Darmstörungen eine *Facialis*lähmung, die sich nach Gaben von Antipoliomyelitisserum sowie galvanischer Behandlung des betroffenen *Facialis* in 21 Tagen zurückbildete.

Jbbottson und *Hastings* sahen nach 7 Jahren die Erholung des *Facialis* nach einer Radikaloperation. Als Normalzeit dafür gibt *Jenkins* 14 Monate an.

Humayer beobachtete einen vollständigen *Octavus* und *Facialis*ausfall nach Kopftrauma, der sich in der Beobachtungszeit von 6 Monaten nicht gebessert hatte.

Goetze erreichte durch *Facialis*vereinigung hinter und unter dem Ohr eine *Facialis*parese für 6–8 Wochen.

Halle kommt hinsichtlich des Erfolges seiner *Facialis*nähte zu dem Ergebnis: „Einen Erfolg konnte ich bisher leider nicht erreichen".

Nach *Lehmann* geben Pfropfungen auch nicht sehr befriedigende Resultate. Sowohl die Ausfallserscheinungen, als auch die Mitbewegungen, sind bei *Hypoglossus-Facialis*pfropfung geringer als bei *Accessorius-Facialis*vereinigung. Daß hier die Resultate günstiger sind bezieht *Lehmann* darauf, das *Hypoglossus- und Facialiszentrum* einander benachbart sind.

Zur Anastomose werden verwendet:
Accessorius (Foerster, Constantini, Nix, Antonioli).
Hypoglossus (Haberland, Sharpe, Braeuer - Ansa hypoglossi).

Von *Foerster* wird als Kraftspender der *Accessorius* verwendet. Das zentrale Ende des durchschnittenen *Accessorius* wird auf den Querschnitt des angefrischten peripheren *Facialis*stumpfes zirkulär aufgenäht.

In allen Fällen kehrte zuerst nach ungefähr sechs Monaten der Tonus der Muskulatur wieder. Das Gesicht wurde wieder gerade, die Lidspalte verkleinerte sich wieder und der Mundwinkel hing nicht mehr so stark herab, die Nasolabialfalte trat wieder hervor. Darauf stellte sich die faradische Erregbarkeit der Mundmuskulatur und bald darauf auch die des Orbicularis oculi ein. Ungefähr zur gleichen Zeit trat bei willkürlicher Arm- und Schulterhebung eine deutliche Mitinnervation der gesamten gelähmten Gesichtsmuskeln ein, manchmal mit Ausnahme der Stirnmuskulatur, während willkürlich überhaupt noch keine Bewegung der Gesichtsmuskeln zustande kam. Einige Monate später wurde dann auch die Stirnmuskulatur erregbar und ungefähr zur gleichen Zeit war als Mitbewegung bei Schulterbewegungen etwas Stirnrunzeln wahrzunehmen. Allmählich lernten dann die Kranken die Gesichtsmuskeln willkürlich zu innervieren, freilich zunächst nur unter starker Mitbewegung der Schulter. Diese Mitbewegung wurde aber mit der Zeit immer geringer und verlor sich dann vollkommen. Hatten die Kranken gelernt die *Facialis*muskulatur allein zu bewegen, so konnten sie noch lange nicht einzelne Muskeln innervieren.

Aus einer von *Hasse* mitgeteilten Krankengeschichte gehen folgende Daten hervor:

Als Kraftspender wird der *Accessorius* verwendet,

nach 4 Monaten hängt der Mundwinkel nicht mehr so stark herab, sonst keine Änderung,

nach 5 Monaten ist faradische Erregbarkeit in der Lippe etwas vorhanden,

nach 6 Monaten ist das Auge der verletzten Seite weiter geöffnet, der Mund steht gerade, Stirnrunzeln und andere willkürliche Bewegungen der Gesichtsmuskulatur fehlen. Beim Erheben der Schulter der verletzten Seite, des Armes, oder bei Drehung des Kopfes nach rechts, spannt sich der Orbicularis oculi und die Mundmuskeln an, die Naso-

labialfalte tritt deutlich hervor. Faradisch ist Quadratus labii superior und inferior erregbar,

3 Wochen später sind ohne Armhebung leichte Bewegungen des Orbicularis oculi und der Mundmuskulatur möglich, die Schulter bewegt sich dabei mit. Bei Hebung des Armes kontrahiert sich die gesamte *Facialis*muskulatur kräftig mit Ausnahme der Stirnmuskeln. Faradisch ist die Stirn- und Augenmuskulatur zu erregen, die Nasolabialfalte furcht sich ebenfalls,

im 9. Monat nach der Operation ist ohne Armhebung der Augenschluß bis auf 5 mm möglich, dabei hebt sich deutlich der betreffende Mundwinkel und die Nasolabialfalte furcht sich. Hiebei treten jedoch noch Mitbewegungen der Schulter auf. Faradisch ist die Mundmuskulatur gut erregbar, die Stirn- und die Augenmuskulatur sind schwach erregbar,

im 14. Monat ist die Augen- und Mundmuskulatur faradisch gut erregbar, die Erregbarkeit der Stirnmuskulatur noch herabgesetzt,

im 17. Monat ist das Auge der verletzten Seite ein wenig größer als das der anderen und kann gut geschlossen werden, wenn auch nicht mit derselben Kraft. Der Mundwinkel ist so hoch als der der anderen Seite. Faradisch ist die gesamte Facialismuskulatur gut erregbar, nur die Stirnmuskeln sind in der Erregbarkeit noch etwas herabgesetzt,

im 18. Monat erscheint bei willkürlicher Innervation der Gesichtsmuskulatur die Stirnmuskeln auch etwas in Tätigkeit zu treten,

nach 25 Monaten ist das Gesicht gerade, die Lidspalte kaum erweitert, alle Muskeln sind faradisch gut erregbar ohne die geringste Mitbewegung der Schulter. Einzeln können die verschiedenen Gebiete des *Facialis* willkürlich nur wenig bewegt werden.

Die gleiche Methode wendete *Constantini* in einem Fall doppelseitiger *Facialis*lähmung an, bei dem nach etwa zwei Monaten erstmalig willkürliche Bewegungen im *Facialis*gebiet möglich waren.

Ein Jahr nach der Operation war das Gesamtergebnis folgendes: normale Lidbewegung, vollständiger Lidschluß, normale Mimik, beiderseits gleichmäßig ausgebildete Nasolabialfalte, normale Schulterbewegungen ohne Mitbewegung der Gesichtsmuskulatur.

Auch *Nix* beobachtete bei einem 9 Monate nach der Verletzung operierten Fall, bei dem er die *Facialis-Accessorius* Anastomose anwendete, daß im *Facialis*gebiet nach 4 Wochen die ersten Bewegungen eintraten. Nach 4 Monaten machte die Besserung rasche Fortschritte, der Orbicularis oculi erlangte seine Funktion zuletzt wieder. Nach 1 Jahr blieb die Beweglichkeit der mimischen Muskulatur nur um ein geringes hinter der gesunden Seite zurück. Nix gibt an, daß höchstens 1,5 Jahre nach der Verletzung mit der Nervenpfropfung gewartet werden darf. Ein Fall, der nach 3 Jahren operiert wurde, blieb erfolglos.

Auch *Antonioli* geht in einem Fall von Schädelbasisfraktur mit schlaffer halbseitiger Gesichtslähmung und kompletter Entartungsreaktion in gleicher Weise wie oben vor.

Nach 20 Tagen zeigte sich der Sternocleidomastoideus und der Trapezius deutlich atrophisch.

Sieben Monate nach der Operation trat eine Besserung im *Facialis*gebiet ein, es waren aber noch keine mimischen Bewegungen zu konstatieren. Diese kehrten erst nach 27 Monaten wieder.

In einem zweiten Fall trat nach 1 Monat leichte Besserung der Gesichtsasymetrie und des musculären Tonus ein, nach 5 Monaten war noch keine Bewegung im *Facialis*gebiet möglich. Nach 20 Monaten beobachtete er Besserung und Bewegungsmöglichkeit der gelähmten Gesichtshälfte, Lachen und Pfeifen war nicht möglich.

Haberland wendet die direkte Implantation des *Hypoglossus* bzw. seiner Endzweige in die gelähmte *Facialis*muskulatur an. Die ersten Zeichen des Erfolges waren bei seinen 3 so operierten Fällen nach 7–12 Wochen bemerkbar.

Sharpe wendete in 32 Fällen bei peripherer *Facialis*lähmung die *Facialis-Hypoglossus* Anastomose an. Er hatte aber nur in 1 Fall Besserung aufzuweisen.

Braeuer benutzt bei *Facialis*verletzungen zur Anastomose die *Ansa hypoglossi*. Ein so operierter Fall ist dadurch wesentlich gebessert worden.

Duel verwendete bei *Facialis*lähmung zur Transplantation den *Thoracalis longus*, die *Intercostales* und *Nervus cutaneus femoris* anterior. Selbst noch während der Eiterung hat *Duel* die Transplantation vorgenommen.

Er empfiehlt, den zur Transplantation geeigneten Nerven 2–4 Wochen vor der eigentlichen Transplantation zu durchschneiden und das so geschädigte Transplantat an Ort und Stelle degenerieren zu lassen. Nach seinen Angaben pflegt darnach die Heilung schneller einzutreten. So beobachtete er den Eintritt der elektrischen Erregbarkeit im *Facialis*gebiet nach 3–4 Wochen, während er bei Verwendung frischer Stücke die Wiederkehr der elektrischen Erregbarkeit erst nach 6–12 Wochen sah.

Isolierte Lähmungen des *Glossopharyngeus* sind nach *Lehmann* überhaupt nicht beschrieben worden.

Solomovici beschreibt eine isolierte Lähmung des Nerven, bei der der Patient nach zwei Monaten gesund die Klinik verlassen konnte.

Hasse zählte unter dem *Foersterschen* Material 14 *Vagus*verletzungen, davon war er fünfmal isoliert betroffen. Desöfteren beobachtete er nur ein partielle Stimmbandlähmung in der Weise, daß nur die Abduktoren gelähmt waren. Er folgert daraus, daß beim *Vagus*, bzw. im *Recurrens*, die Fasern für den Cricoarytaenoideus internus die größte Vulnerabilität zeigen, dann folgen die für den Cricoarytaenoideus posticus und zuletzt die für die übrigen Kehlkopfmuskeln.

Nach *Gerhardt*, mitgeteilt von Schwab, wird bei Lähmung der Kehlkopfmuskeln immer zuerst der Glottiserweiterer, dann erst der Spanner und Verengerer ergriffen. Diese Regel treffe immer zu, der Sitz der Läsion habe keinen Einfluß.

Auch nach *Lahey* sind die Erweiterer des Stimmbandes, die Abductoren, empfindlicher als die Verengerer.

Nach *Fabry* sind gegen die verschiedensten Schädlichkeiten die Fasern für die Postici am enpfindlichsten.

Bei *Vagus*-Durchschneidung kommt nach *Lehmann* die Naht in Betracht. Er fügt jedoch an, daß über einwandfreie Besserungen nicht berichtet wurde.

Hauptsymptom der *Vagus*-Durchschneidung ist die Stimmbandlähmung. Leichte Paresen gehen fast durchweg vollkommen zurück, jedoch werden auch Fälle beschrieben, wo leichte Paresen in völlige Lähmungen übergingen.

Die Erfolge der *Recurrens*-Naht sind nicht sicher, wenn auch Besserungen zu verzeichnen sind.

Lehmann gibt einen Fall von *Stierlin* bekannt, bei dem die Naht noch nach 21 Monaten erfolglos war. Bei einem Fall von *Horsley* zeigte sich nach 6 Jahren kaum noch eine leichte Trägheit des Stimmbandes.

Cameron teilt mit, daß *Tuckett* nach Durchtrennung des *Vagus* am Halse, Bewegungen der Kehlkopfmuskeln nach elektrischer Reizung bei Kaninchen beobachtete, welche die Operation mehr als drei Jahre überlebten.

Graßmann berichtet, daß der Versuch, eine anatomische Heilung der Lähmung durch Naht des *Recurrens* oder durch Neurotisation zu erzielen, so wenig Hoffnung auf Erfolg bietet, daß dieser Versuch nur selten gemacht wird.

Taylor durchschnitt halb den *Recurrens*. Es bestand komplette Lähmung der einen Stimmlippe. Nach 16 Monaten kehrte die normale Stimme zurück, beide Stimmlippen übten vollkommen ihre normale und gleichmäßige Funktion aus.

Horsley resezierte und vernähte den *Recurrens* an der Stelle seines Eintrittes in den Kehlkopf. Nach drei Monaten verschwand die Atemnot, nach einem Jahr erst die Tonlosigkeit der Stimme, doch wurde die Stimme nicht völlig normal stark.

Nach *Greene* ist der *Recurrens* sehr empfindlich und reagiert schon auf die kleinsten traumatischen Insulte. Die durch operative Verletzungen entstandenen Paralysen können in einer geringen Zahl der Fälle nach einigen Wochen oder Monaten vergehen. Die durch Strumadruck entstandene Paralyse hat man jedoch noch in keinem Fall sich zurückbilden sehen.

Hutter teilt zwei Fälle von *Recurrens*schädigung nach Strumektomie mit. Beim ersten Fall stellte sich erst die Funktion der Adductoren, beim zweiten Fall die des Posticus her.

Bruce beobachtete *Recurrens*schädigung durch entzündliches Oedem nach Strumektomie ohne Verletzung des Recurrens. Nach zwei Wochen stellte sich die Beweglichkeit der Stimmbänder, nach sechs Wochen die Wiederkehr der Sprache ein.

Traumatische Lähmungen des *Recurrens* sind sehr selten. Nach *Rebattu* kann die Lähmung unmittelbar nach dem Trauma oder erst nach 2–3 Tagen auftreten. Die Heilung kann schon nach zwei Monaten komplett sein.

Nach *Hasse* erscheint es bei weitem wahrscheinlicher, daß die im *Accessorius* enthaltenen Fasern für den Sternocleidomastoideus vulnerabler sind als die für den Trapezius.

Lehmann gibt an, daß aussichtsreicher als eine konservative Therapie die operative Behandlung sei. Bei Durchtrennung des Nerven im lateralen Halsdreieck kann man die Naht versuchen, evtl. die direkte Implantation des Nerven in den Muskel. Beide Methoden sind des öfteren von Erfolg begleitet.

Lüken beschreibt eine ein- und gleichseitige *Vagus*- und *Accessorius*läsion mit vollkommener Taubheit nach Schädelbasisfraktur.

Gelähmt sind Sternocleidomastoideus und Trapezius, zugleich sind sie stark atrophisch, rechtsseitige Gaumen- und hintere Rachenwandmuskulatur bei erhaltener Sensibilität und Reflexerregbarkeit, rechte Hypopharynxhälfte, laterale Epiglottishälfte, Oesophagus.

Nach 7,5 Monaten ist die Lähmung des Sternocleidomastoideus und des Trapezius, nach 1 Jahr die des Gaumens und der hinteren Rachenwand beseitigt.

Lüken nimmt als sicher an, daß der *Ramus externus* des *Accessorius* den Sternocleidomastoideus und den Trapezius innerviert. Gaumen- und Rachenwand sind entweder vom *Accessorius* oder *Vagus* innerviert.

Da nun in vorliegendem Fall Muskeln, die vom *Vagus* versorgt werden, gelähmt bleiben, während die Muskeln des Gaumens und der Rachenwand wieder funktionsfähig werden, schließt *Lüken*, daß letztere ausschließlich vom *Accessorius* bzw. von den *Accessoriusfasern im Vagus* innerviert werden.

Nach *Lehmann* kommt bei einseitiger *Hypoglossus*verletzung, die keine stärkeren Beschwerden verursacht, eine operative Therapie nicht in Betracht, zumal eine spontane Besserung noch eintreten kann.

Woelfler schildert die erste mit Erfolg ausgeführte Naht des *Hypoglossus*.

Es besserte sich nach sechs Monaten die Muskulatur der verletzten Seite, so daß nur noch ein geringer Unterschied zugunsten der gesunden Zungenhälfte zu konstatieren war. Die Sprache hatte sich gebessert, bei Herausstrecken hatte die Zunge fast wieder ihr normales Aussehen. Die Zungenbein-Kehlkopfmuskeln sowie die Unterkiefermuskeln, die vom *Hypoglossus* versorgt werden, sind auf der verletzten Seite nach sechs Monaten noch nicht so kräftig als normal.

Fischer beobachtete eine einseitige *Hypoglossus*lähmung infolge Schädelbasisfraktur.

Vier Wochen nach dem Unfall war an der linken Zungenseite Muskelatrophie, Muskelflimmern und Entartungsreaktion vorhanden.

Nach etwa dreimonatlicher Behandlung ging die Lähmung völlig zur Norm zurück.

Valentin berichtet über Experimente an Hunden, bei denen der *Hypoglossus* vereist wurde.

Schon elf Tage nach der Durchfrierung des Stammes sah er frisch neurotisierte motorische Endplatten in der Zungenmuskulatur.

Er weist besonders darauf hin, daß Tempo und Verlauf von Degeneration und Regeneration in lädierten Nervenstrecken in viel höherem Maße von der Blutversorgung des geschädigten Gebietes abhänge als man bisher angenommen habe.

Boeke hat bei einer Reihe von erwachsenen Igeln den zentralen Stumpf eines *Hypoglossus* in den peripheren Stumpf des gleichseitigen *Lingualis* eingenäht und die Tiere in verschiedenen Intervallen getötet.

Die regenerierenden Fasern des *Hypoglossus* wachsen in die Bahn des peripheren *Lingualis*stumpfes hinein und dringen in ihr in ganz derselben Weise vorwärts, wie es bei der Regeneration homologer Nerven geschieht. Ein geringer Unterschied bestand nur in der Verlangsamung des Tempos. Nach 2–3 Monaten sind alle Faserbündel des *Lingualis* innerhalb der Zunge dicht von feinen regenerierten Achsenzylindern erfüllt, die im subepithelialen Gewebe einen so dichten Plexus feiner Nervenfasern bilden, daß kaum eine Differenz gegenüber der anderen unversehrten Hälfte der Zunge besteht.

Bei der Schwierigkeit der Untersuchung und der überall vorkommenden Verbindungen und Einschaltungen neuer Ganglienzellen im Gebiete des *Sympathischen Systems* sind den Regenerationserscheinungen viel weniger Arbeiten gewidmet worden als der Degeneration und Regeneration der markhaltigen Nervenfaser *(Boeke)*.

Lawrentjew fand, daß nach der Durchschneidung der prägang-lionären Fasern des *sympathischen Nervens* sich in dem peripheren, mit dem Ganglion verbundenen Abschnitt, eine Degeneration entwickelt, die am 5.–6. Tag ihren Abschluß findet, und daß die perizellulären Ap-

parate in der gleichen Frist degenerieren und die Degeneration des peripheren Abschnittes der präganglionären Faser sich gleichzeitig auf den ganzen Abschnitt bis zu den terminalen Verzweigungen ausdehnt, gleichzeitig und unabhängig von der Länge des peripheren Abschnittes.

Nach *De Castro* fängt die Degeneration manchmal bei den terminalen Verzweigungen an und schreitet zentripetal fort. In den postganglionären Fasern gleicht die Degeneration den im Zentralnervensystem sich zeigenden Verhältnissen.

Die Regeneration der präganglionären Faser fängt nach *Lawrentjew* schon am 4. Tage an, nach *De Castro* ist das nur bei sehr schonender Durchschneidung und Kompression der Nervenstränge der Fall.

Sowohl nach *De Castro*, als auch nach *Lawrentjew*, scheinen die Hauptgesetze für Degeneration und Regeneration markhaltiger Fasern auch für die marklosen zu gelten.

Man kann schon nach 15–20 Tagen den Anfang der Regeneration beobachten, während nach 50 Tagen schon eine weitgehende Regeneration der postganglionären Fasern stattfinden kann.

Nur wenn die Entfernung der beiden Schnittenden mehr als 2 cm beträgt, kann die Regeneration der postganglionären Fasern 100 Tage und mehr dauern, oder auch gar nicht auftreten (*De Castro*).

Tsukagushi dagegen fand, daß sich auch nach Resektion eines 2 cm langen Stückes, der Zervikalstrang schon nach 49 Tagen regeneriert hatte.

Phemister entfernte beim Hunde die *Grenzstränge* vom Hals bis zum Kreuzbein vollkommen. Darnach trat Blutdrucksenkung von 6–12 Monaten Dauer ein. Die *Grenzstränge* hatten sich aber nicht regeneriert.

Anastomosen zwischen dem *Auerbachschen* und *Meißnerschen* Plexus der beiden Schnittenden nach Resektion eines Darmstückes wurde von *Meek* nach 180 Tagen nachgewiesen, während *Sabin* und *Lee* im Dünn- und Dickdarm keine Nervenverschmelzung nach Darmresektion beim Hunde auffinden konnten.

Wichtig ist die Beobachtung von *Lee*, daß nach Durchschneidung des *Zervikalstranges* auch bei großen Hindernissen die Regeneration schnell zustande kam und dabei zuerst die vasomotorische Lähmung verschwand.

Nach *Head*, *Trotter*, *Davies* und *Tower* erfolgt die Regeneration der vasomotorischen Nerven ebenso wie der Schweißnerven genau so schnell als die der Rückenmarksnerven.

Wojeihowcsky beschrieb die Regeneration des *periarteriellen Plexus* nach periarterieller Sympathektomie, die aber nur nach kurzer Freilegung (6–8 mm) nach 3–1,5 Monaten erfolgte.

Die Vernarbungsverhältnisse bei periarterieller Sympathektomie wurden bei Mensch und Tier von verschiedenen untersucht mit dem Ergebnis, daß nie ein Narbenneurom in der Adventitia gefunden wurde. Nach 3–4 Monaten hatte sich ein Nervengeflecht völlig wiederhergestellt. Es war aber unmöglich aus dem histologischen Bilde über den funktionellen Wert der regenerierten Fasern Schlüsse zu ziehen *(Leriche)*.

Makai brachte durch periarterielle Sympathektomie ein großes, bis auf den Knochen reichendes Geschwür am Fuße eines infolge Poliomyelitis gelähmten Beines rasch zur Heilung. Das Geschwür brach aber fünf Wochen nach der Operation wieder auf.

Durch abermalige Sympathektomie, bei der die Adventitia 4 cm ober- und 4 cm unterhalb der bereits resezierten Stelle entfernt wurde, erzielte er wieder sofortige Heilung. Das Rezediv war also nicht durch kollaterale Bahnen bedingt.

Milko beobachtete nach periarterieller Sympathektomie der Femoralis, daß sich die Geschwüre sofort bedeutend verkleinerten, aber nach drei Wochen wieder Verschlechterung auftrat.

Langley konnte weniger als einen Monat nach Durchschneidung des *Halssympathikus* normale Reflexe auslösen. Bei der Resektion aus dem *Grenzstrang* wurden bei sechs Kaninchen und zehn Hunden die theoretisch erwarteten Neurome gefunden. Die Verhältnisse waren analog denen eines Amputationsneuroms bei spinalen Nerven *(Leriche)*.

Egedy führt die Beobachtung *Brückes* an, nach welcher der durchschnittene *Halssympathikusstrang* täglich um 1 mm wächst. Ein 2,5 cm langer resezierter Abschnitt regeneriert sich in 25 Tagen vollkommen, erhöhte Ohrtemperatur und Pupillendifferenz hören bereits in 2–15 Tagen auf.

Harrick fand, daß nach der lumbalen Sympathektomie die Durchblutung auf der Seite des Eingriffes für 8–12 Monate verdoppelt war.

Mulikov durchschnitt bei Hunden den *Peroneus* und *Tibialis* und vernähte sofort die Läsion.

Nach 32–117 Tagen wurden die Nerven nochmals 5–10 cm distal vom Orte der ersten Durchschneidung durchtrennt und darauf die zentralen Nervenenden gereizt, um evtl. regenerierte depressorische und pressorische Fasern festzustellen.

Die Versuche an 30 Hunden zeigten, daß vor dem 46. Tag keine Gefäßreflexe von seiten der operierten Nerven zu erzielen sind. Der *Peroneus* regeneriert langsamer als der *Tibialis* und gab fast gar keine pressorischen und depressorischen Erscheinungen.

Ein Unterschied des Regenerationstermins der depressorischen und pressorischen Fasern konnte *Mulikov* am *Tibialis* nicht feststellen.

Mimura stellte Anastomosen zwischen *Vagus* und *Sympathicus* her und stellte fest, daß die funktionelle Vereinigung der beiden Nerven 40 Tage nach der Operation definitiv ist, während sie nach 14 Tagen noch nicht eingetreten war.

Biemann berichtet über *Sympathicus*lähmung durch Alkoholinjektion in den *Laryngeus superior*. Die Lähmungserscheinungen gingen erst nach mehreren Wochen zurück.

Einen direkten Einfluß der *Sympathicusausschaltung* auf die Knochenregeneration konnte *Felix* nicht nachweisen. Durch Ausfall des *Sympathicus* entsteht eine aktive Hyperämie, die nur wenige Wochen anhält und nach *Felix* der Grund dafür ist, daß, wenn sich überhaupt ein Einfluß durch *Sympathicusausschaltung* zeigt, es sich immer um Beschleunigung des Heilbestrebens handelt.

Zur Bestimmung der Regenerationsgeschwindigkeit der *Sympathicusfasern* (Vasokonstrictoren) sind aber diese Angaben unbrauchbar, da nach *Laewen*, *Wiedhopf* und *Friedrich* die Hyperämie nicht auf die Unterbrechung der Vasokonstrictoren, und das Verschwinden der Hyperämie nicht auf die nun vollendete Regeneration der *Sympathicus*fasern zurückzuführen ist, sondern reflektorisch ausgelöst wird.
Dieser Reflex wird ausgelöst durch die reparativen Vorgänge an der *Sympathektomie*stelle und bewirkt schließlich durch Herabsetzung des Vasokonstriktorentonus eine periphere Gefäßerweiterung *(Felix)*.

Bei seinen Versuchen über Knochenregeneration und *Sympathicus* beobachtete *Felix* sofort nach Herausnahme des *Ganglion stellatum* den *Hornerschen* Symptomenkomplex wie er nach jeder Durchtrennung des *Halssympathicus* eintritt: Myosis, Ptosis, Enophthalmus. Meist bestanden daneben noch Rötung und Schwellung, oft auch Eiterung der Lider.

Trophische Störungen an den vorderen Gliedmaßen hat er aber nie wahrgenommen. Auch die mikroskopische Untersuchung der Muskeln 3–10 Wochen nach der Entfernung des *Ganglion stellatum* ergab nicht die geringste Veränderung. Unterlagen für ein Bestehen von trophischen Eigenschaften des *Sympathicus* konnte *Felix* nicht ermitteln.

Cameron berichtet, daß *Fontana* als erster 1771 die Regeneration des *Vagus* studierte und seitdem schon viele Forscher Versuche über eine solche Regeneration angestellt haben. Viele Versuche ergaben negative oder recht zweifelhafte Resultate.

Sowohl mit physiologischen als auch mit histologischen Methoden weist *Cameron* nach, daß sich der *Vagus* regeneriert, wenn er am Halse durchschnitten oder herausgedreht wird.

Die Regenerationsdauer währte bis zu einem Jahr.

Bei 12 Kaninchen, 5 Katzen und 1 Hund wurde der *Vagus* in der Mitte der Halsregion durchtrennt oder gequetscht.

Bei den Kaninchen benötigte die Regeneration des *Depressor* 3–4 Monate nach Quetschung, 14–32 Monate nach Durchschneidung.

Bei Katzen dauerte die Regeneration des *Depressor* 7 Monate nach Quetschung und etwas über 1 Jahr nach Durchschneidung.

Die Regeneration benötigte 10,5 Jahre, als der rechte *Vago-Sympathicus* des Hundes sehr hoch am Hals durchtrennt wurde.

Rogers durchschnitt bei einer Reihe von Hunden und Katzen einen Vagus und vernähte ihn anschließend, um die Regeneration zu ermöglichen.

Nur einmal gelang es 12 Monate nach der Naht bei einem Hunde durch Reizung des zentralen Endes Herzstillstand zu erzielen.

Rogers durchschnitt dann bei dem Tier noch den gesunden *Vagus* der anderen Seite. Der Hund konnte weiterleben, da die die Lungen versorgenden Fasern regeneriert waren.

Erst nach Durchtrennung des regenerierten *Vagus* stellte sich die typische Atmung ein, wie sie nach Ausfall der beiden *Vagi* bekannt ist.

Norioka berichtet über Tierversuche, die sich auf eine Nervennaht zwischen *Vagus* und *Phrenicus* beziehen.

Bei 20 Kaninchen wurden beide Nerven durchschnitten, einmal das zentrale *Vagus*ende mit dem peripheren Teil des *Phrenicus*, das andere Mal der periphere Teil des *Vagus* mit dem zentralen des *Phrenicus* zusammengenäht.

Die Regeneration im *Vago–Phrenicus:*

Am Ende des ersten Monats nach Anlegen der Naht sieht man am Schnittende des *Vagus* ziemlich viele wachsende Achsenzylinder, welche bald im Narbengewebe enden. Am Ende des 2. Monats geht erst ein kleiner Teil der Fasern durch das Narbengewebe hindurch in das periphere *Phrenicus*stück hinüber. Im 3. und 4. Monat nehmen die durchziehenden Achsenzylindersprosse schnell zu, vom 7. Monat ab werden die das Narbengewebe durchziehenden Fasern sehr reichlich. Bei Reizung des *Vago-Phrenicus* ober- und unterhalb der Naht war eine Zwerchfellkontraktion seit dem 4. Monat nachzuweisen.

Die Regeneration im *Phrenico-Vagus:*

Am Ende des 2. Monats sieht man nach Anlegen der Naht zwischen zentralem *Phrenicus*stumpf und peripheren *Vagusstumpf* in Höhe und knapp unterhalb der Nervennaht ziemlich viele junge Achsenzylinder.

Am Ende des 4. Monats findet man in Ursprungshöhe des *Recurrens* viele junge Achsenzylinder. Auch im *Recurrens* selbst regenerieren sich die Neurofibrillen. In den Magenästen wurden nach dem 8. Monat einige wenige regenerierte Achsenzylinder zwischen meist degenerierten Nervenfasern gefunden.

Felix stellte fest, daß Fremdinnervation des Zwerchfells keine Degenerationshemmung hervorruft.

Erst recht sei dies der Fall, wenn man statt eines spinalen Nerven *(Intercostalnerven)* einen vegetativen *(Vagus)* verwendet.

Das Ergebnis ändert sich aber grundsätzlich, sobald dem *Vagus* das Einwachsen in den fremden Muskel erleichtert wird dadurch, daß man den zentralen *Vagusstumpf* in den peripheren *Phrenicusstumpf* einnäht. Eine Degenerationshemmung sah *Felix* unter seinen sechs Versuchen zweimal, Bewegungen des Zwerchfells sah er aber bei solchen *Vago-Phrenicus*-Anastomosen nie.

Zusammenfassung.

Die unabänderliche Folge der Durchtrennung eines peripheren Nerven ist

die Degeneration des abgetrennten Nervenstumpfes *(Waller)*,

das Auswachsen von jungen Neurofibrillen aus dem zentralen Nervenstumpf.

Es kann also niemals durch die Nervennaht eine Heilung mit sofortiger Funktionsrückkehr erreicht werden.

Das *Wallersche Gesetz* erleidet eine Einschränkung durch die Beobachtung, daß auch am zentralen Nervenstumpf

bei einfacher Durchschneidung eine Degeneration mit Zerfall der Markscheide in der Umgebung der Wunde (traumatische Degeneration),

bei Kontinuitätstrennung schwerer Art sich auch Veränderungen im Bereich der Ganglienzelle zeigen (retrograde Degeneration).

Junge Fibrillen wachsen zwischen dem 2. und 4. Tag in das an der Durchschneidungsstelle gebildete Exsudat ein. Sie entsprossen nach der

monogenistischen Auffassung dem zentralen Nervenstumpf (Auswachsungstheorie), nach der

polygenistischen Auffassung entstehen sie an Ort und Stelle durch fibrilläre Differenzierung und fortschreitende Umbildung der zu den *Büngnerschen Bändern* umgewandelten *Schwannschen Zellen* der alten Nervenfaser. Diese Differenzierungsprodukte verschmelzen miteinander und bauen so eine kontinuierliche neue Faser auf (Kettentheorie).

Wie verhalten sich nun die auswachsenden Neurofibrillen zu ihrer Umgebung?

Nach der *His-Forelschen* Neuroblastentheorie mit ihrem Vertreter *Cajal* wachsen die Nervenfasern frei in das Narbengewebe aus und bewahren immer ihre Selbständigkeit den *Büngnerschen* Bändern gegenüber.

Nach *Held* nehmen die *Büngnerschen* Bänder die Stelle der Plasmodesmen bei der embryonalen Entwicklung ein. In ihrem Protoplasma wachsen die neuen Fibrillen weiter.

Die Kräfte, die die auswachsenden Neurofibrillen durch das Narbengewebe hindurchleiten und den Weg zur Peripherie finden lassen, sind nach

Vanlair mechanischer Art: die jungen Nervenfasern suchen sich den Weg des geringsten Widerstandes.

Bethe, *Cajal* und *Forßmann* nehmen neben mechanischen Momenten eine Anziehung zwischen den beiden Nervenstümpfen an (Neurotropismus = Chemotropismus).

In der Überschußproduktion und in der fast unbegrenzten Teilungsfähigkeit der Endfäden sehen *Forßmann*, *Cajal*, *Bielschowsky* und *Perthes* den Grund, daß es zu einer Wiederherstellung der Nervenleitung kommt.

Die Geschwindigkeit, mit der die auswachsenden Neurofibrillen das Narbengewebe überwinden, läßt sich nach *Boeke* beim Menschen nicht genau feststellen. Im Tierversuch beobachtete *Cajal*, daß die Wachstumsgeschwindigkeit nicht in allen Körperregionen mit der gleichen Geschwindigkeit erfolgt und mit der Zeit geringer wird. Nach *Cajal* hängt das alles mit der Verschiedenheit des Narbengewebes zusammen. Als mittleren Wert der Wachstumsgeschwindigkeit im Narbengewebe fand er 0,15–0,24 mm pro Tag.

Haben die auswachsenden Neurofibrillen das Narbengewebe überwunden, so ist ihre Wachstumsgeschwindigkeit im peripheren Stumpf viel größer. Hier fand *Cajal* eine tägliche Geschwindigkeit von 2,5–4 mm.

Regeneration ist nicht immer zu erwarten und erfolgt nicht in allen Körpergebieten mit der gleichen Geschwindigkeit und Regelmäßigkeit.

Am günstigsten liegen die Verhältnisse bei Lähmungen, bei denen keine Kontinuitätstrennung stattgefunden hat, z. B. durch Quetschung, Vereisung, Umschnürung und intraneurale Injektionen.

Ungünstiger liegen die Regenerationsaussichten bei den Fällen, bei denen sich Narbengewebe bilden konnte.

Am ungünstigsten sind nach allen Autoren Granatverletzungen, weil hier die Narbenverhältnisse ganz besonders kompliziert und den jungen auswachsenden Neurofibrillen ganz besonders großen Widerstand entgegensetzen.

Die Prognose einer Nervennaht hängt ab vom

jeweiligen Nerven. So regeneriert nach *Dean-Lewis* am besten beim Menschen der Musculocutaneus, dann folgen Radialis, Popliteus internus, Medianus, Popliteus externus, Ulnaris.

Zeitpunkt der Operation. Die Wartezeit schwankt zwischen 2 Wochen und 9 Monaten.

Foerster, *Spielmeyer*, *Stracker*, *Wexberg* lehnen die Frühoperation ab, *Borchardt*, *Stoffel*, *Lewandowsky*, *Kirschner* for-

dern dagegen bei totalen Lähmungen mit totalen Entartungsreaktionen die sofortige Operation.

Höhe der Verletzung. Je mehr rumpfwärts die Schädigung gelegen ist, umso ungünstiger sind die Heilungsaussichten *(Lehmann, Strekker)*. Im Gegensatz dazu stehen die Beobachtungen von *Perthes, Ranschburg, Spielmeyer, Foerster.*

Art der Verletzung. Am ungünstigsten liegen die Verhältnisse bei den schweren Granatverletzungen des Weltkrieges.

Zustand des Patienten. Lues, Diabetes, Tuberkulose mindern die Regenerationsfähigkeit.

Alter des Patienten. In Tierversuchen konnte *Cajal* zeigen, daß die auswachsenden Nervenfasern 1 Monat oder 2,5 Monate brauchen um zu ihrem Erfolgsorgan zu gelangen, je nachdem er neugeborene oder 2–3 Monate alte Kaninchen zu seinen Versuchen nahm.

Eiterungen im Wundgebiet. Sie setzen die Regenerationsfähigkeit und die Regenerationsgeschwindigkeit sehr stark herab.

Nachbehandlung. *Foerster* kommt durch eine zielbewußte Nachbehandlung auf eine Erfolgsziffer von 96%.

Die Inkubationszeit ist bei den einzelnen Nerven ganz verschieden. Als durchschnittlichen Restitutionsbeginn errechnet *Foerster* 5,5 Monate.

Die Ausreifungsperiode bezeichnet *Perthes* ganz allgemein als recht lang und ist der Meinung, daß das Ergebnis einer Naht bei den Nerven der oberen Extremität frühestens im 3. Jahr, bei den Nerven der untern Extremität erst im 4. Jahr nach der Operation voll vorliege. *Foerster* teilt die durchschnittliche Heilungsdauer mit 26 Monaten mit.

Zur Erklärung der Differenzen in der Inkubationszeit und der Ausreifungsperiode wird das *Etzoldsche Gesetz*, die autogene Regeneration, das *Auerbachsche Gesetz*, das Mischungsverhältnis motorischer und sensibler Nervenfasern, die Blutversorgung der einzelnen Körpergebiete und die Größe des Nervenquerschnittes herangezogen.

Das elektrische Verhalten eines Nerven nach der Läsion ist charakterisiert durch die komplette Entartungsreaktion: nachdem zunächst eine Steigerung der galvanischen Erregbarkeit mit langsamen, wurmartigen Kontraktionen auftritt, werden mit der Zeit immer höhere Ströme zur Reizung des Muskels notwendig, bis er schließlich auch auf die stärksten Ströme nicht mehr anspricht.

Nach erfolgter Naht beobachtete *Cassirer* ausnahmslos, daß zuerst die Motilität wieder auftritt, während sich der elektrische Befund noch verschlechtern kann. Umgekehrt teilt *Foerster* mit, daß Muskeln, die noch nicht willkürlich innervierbar sind, doch schon faradisch erregt werden können.

Bei der Restitution sinkt zunächst der Chronaxiewert des gelähmten Muskels, dann verliert die Zuckung ihren wurmartigen Charakter und es folgen die ersten Anzeichen beginnender willkürlicher Erregbarkeit *(Foerster, Spielmeyer, Küttner)*.

Eine engere Beziehung zwischen Wiederherstellung der motorischen Funktion und dem elektrischen Verhalten besteht nach *Spielmeyer* nicht.

Bei der Regeneration eilt die Besserung der Sensibilität der Besserung der Motilität voraus. Eine vollkommene Wiederherstellung der Sensibilität tritt aber nie ein. Das kennzeichnende Merkmal für die sensible Regeneration ist die getrennte Wiederkehr der verschiedenen Hauptarten der Empfindungen.

Als erstes Anzeichen einer Wiederherstellung sieht *Le Fleming Burrow* das „*Tinelsche Zeichen*", dann Besserungen der trophischen Störungen, der Tiefensensibilität, der Schmerz- und Temperaturempfindung, der Lageempfindung. Im letzten Stadium der Regeneration werden auch punktförmige Berührungsreize wahrgenommen.

Die Dauer der Regeneration beträgt 1–2 Jahre.

Nicht immer ist die Nervennaht möglich.

Hofmeister näht bei großen Nervendefekten den proximalen und den distalen Nervenstumpf in einen gesunden Nerven ein.

Edinger, Eden, Foramitti, Stracker schalten röhrenförmige Fremdkörper, leer oder mit Nährstoff gefüllt, in die vorhandene Lücke ein.

Damit konnten Defekte bis zu 10 cm überbrückt werden.

Forßmann verwendete als erster frische Nerven. Bei Heterotransplantation hatte er keinen Erfolg.

Bethe legt Wert auf die Orientierung des Transplantates und sieht keine Erfolge bei Verwendung von sensiblen Nerven. *Foerster* dagegen benützt gebündelte sensible Nerven als Schaltmaterial. *Lexer, Unger, Cassirer* sahen damit ebenfalls keine Erfolge.

Konserviertes Nervenmaterial empfehlen *Cassirer, Bielschowsky* und *Unger* und betonen, daß es darauf ankomme, nicht wie *Edinger*

es wolle, die Narbenbildung zu vermeiden, sondern ein Narbengewebe von möglichst günstiger histologischer Struktur zu schaffen.

Gosset und *Bertrand* benützen in Formol gehärtetes Rückenmark von Kaninchen und erzielten damit beim Menschen sehr gute Erfolge. Sie sahen schon nach 2–3 Monaten den Beginn der Restitution.

Die Regeneration des *Plexus Brachialis* erfordert nach *Foerster* bis zu zwei Jahre. *Schloeßmann* teilt eine Naht mit, die sechs Jahre brauchte bis zur Funktionsrückkehr aller Äste.

Nach *Lehmann*, *Donath* ist die Prognose einer Halsplexusläsion sehr schlecht. Im Gegensatz dazu steht *Spielmeyer*, der nach vier Wochen einen vollen Erfolg sah.

Nach Naht des *Radialis* rechnet *Foerster* durchschnittlich vier Monate für die Restitution. Glaubwürdige Frühheilungen werden nach 3–4 Wochen beobachtet, umgekehrt sah *Sudek* erst nach fast vier Jahren die ersten Anzeichen einer Wiederherstellung.

Beim *Medianus*, *Ulnaris*, *Musculocutaneus*, *Axillaris* liegen die Verhältnisse ähnlich.

Ranschburg betont mit *Potter*, *Thorburn* und *Lewis* die unbefriedigenden Erfolge der Ulnarisnähte.

Die Nerven der oberen Extremität heilen schneller und vollständiger als alle anderen Nerven des Körpers. Die Regeneration beträgt durchschnittlich 3–7 Monate.

Im Gegensatz dazu stehen die Nerven der unteren Extremität. Die Regeneration schreitet dort langsamer vorwärts und bleibt sehr oft unvollständig.

Der *Tibialis* regeneriert sich frühestens im 2. Halbjahr. Die Sohlenmuskulatur bleibt oft dauernd gelähmt.

Die Regeneration des *Peroneus* wird ungerechterweise sehr oft als fraglich hingestellt. *Foerster*, der über das meiste Material verfügt, gibt den durchschnittlichen Beginn der Restitution mit 6,5 Monaten, die durchschnittlicheHe ilungsdauer mit 23 Monaten (Radialis 25 Monate) an.

Für den *Ischiadicus* liegen die Verhältnisse etwas ungünstiger. Der *Peroneusteil* regeneriert 4–12 Monate später.

Das Zwerchfell wird innerviert von dem Hauptteil des *Phrenicus* aus C_4 und von einem Nebenphrenicus aus C_5, der sich innerhalb des Brustkorbes in den Hauptstamm einsenkt.

Seine sensiblen Fasern bezieht der *Phrenicus* wahrscheinlich vom *Sympathicus*. Ferner versorgt nach *Felix* der 12. *Intercostalnerv* das Zwerchfell motorisch. Er nimmt weiter an, daß auch sympathische Fasern aus dem *Plexus Coeliacus* das Zwerchfell motorisch innervieren können.

Ruhigstellung auf 1–6 Monate wird durch Phrenicusvereisung, Durchschneidung, Injektion und Exairese erreicht. Bei einem Kranken mit doppelseitiger Durchschneidung des *Phrenicus* konnte allerdings *Felix* erst nach fünf Jahren aktive Zwerchfellbeweglichkeit nachweisen.

Nach Resektion von 8–10 cm ist noch Regeneration in einer Zeit von 1–1,5 Jahren möglich, sie scheint aber nicht mehr vorzukommen, wenn mindestens 12 cm reseziert werden.

Am Zwerchfell stellte *Felix* seine Versuche über die Einheitsbeziehung von Nerv und Muskel an. In der Umgebungsstelle des sofort wiederimplantierten Nerven konnte er nach zwei Monaten gut erhaltene Muskulatur nachweisen, die nicht regeneriert, sondern durch einen „nutritiven Reiz" nicht der Degeneration anheimgefallen war (Degenerationshemmung).

Nach der *Foersterschen* Statistik war unter den Gehirnnerven der *Trigeminus* am häufigsten verletzt und von seinen Ästen wieder der 3. Ast. Nach *Foerster* gibt es auch bei den Gehirnnerven eine verschiedene Vulnerabilität, sie gleichen also darin vollkommen den peripheren Nerven.

Bekannt ist die große Regenerationsfähigkeit der Fasern des *Trigeminus*. So können sich 10 cm nach Trigeminusexairese in einem Jahr regenerieren. Ein absolut sicheres Verfahren zur Beseitigung der Trigeminusneuralgie gibt es nicht, sowohl nach allen peripheren Operationen (Exairese, Durchschneidung, Vereisung, Injektionen), als auch nach derben zentralen Eingriffen sind Rezidive beobachtet.

Die Naht des *Facialis* im *Fallopschen* Kanal ist wiederholt ausgeführt worden *(Bunnell, Ballance, Martin)*.

Die faradische Erregbarkeit kann schon nach vier Wochen und die willkürlichen Bewegungen nach sechs Monaten wiederkehren.

Außer direkter Naht werden noch Anastomosen zwischen *Facialis-Accessorius* und *Facialis-Hypoglossus* zur Beseitigung der Lähmungserscheinungen ausgeführt. Störend dabei wirken sich die Mitbewegungen aus, die sich aber meist im Laufe der Zeit verlieren. Die Regeneration dauert 1–2 Jahre.

Nach *Lehmann* ist über einwandfreie Besserung nach Naht des *Vagus* noch nicht berichtet worden.

Hauptsymptom der Vagusdurchschneidung ist die Stimmbandlähmung. Öfter sind nur die Abduktoren allein betroffen *(Hasse, Gerhardt, Lahey)*. Die Fasern für den Cricoarytaenoideus internus sind also am vulnerabelsten. Auch die Erfolge der *Recurrens*-Naht sind nicht sicher. Die Naht von *Stierlin* zeigte nach fast zwei Jahren noch keinen Erfolg.

Nach Durchtrennung des *Accessorius* im lateralen Halsdreieck kann man die Naht oder die direkte Implantation des Nerven in den Muskel versuchen.

Nach einer Schädelbasisfraktur war nach sieben Monaten die Lähmung des Sternocleidomastoideus und des Trapezius beseitigt.

Einseitige *Hypoglossus*-Lähmung erfordert keine operative Therapie. Bei einer Hypoglossusnaht von *Woelfler* besserte sich nach sechs Monaten die Muskulatur der verletzten Seite. *Valentin* sah elf Tage nach Vereisung des Stammes frisch neurotisierte motorische Endplatten.

Die Hauptgesetze der Degeneration und der Regeneration gelten auch für die marklose Nervenfaser.

Nach 2–3 Wochen sieht man die Anfänge der Regeneration. Nach sechs Wochen hat schon eine weitgehende Regeneration der postganglionären Fasern stattgefunden.

Der Zervikalstrang hatte sich nach Resektion eines 2 cm langen Stückes schon nach 49 Tagen regeneriert *(Tsukagushi)*.

Phemister entfernte beim Hund die Grenzstränge vom Hals bis zum Kreuzbein. Nach einem Jahr hatten sie sich noch nicht regeneriert.

Wird der *Vagus* am Halse durchschnitten oder herausgedreht, so dauert die Regeneration nach *Cameron* bis zu einem Jahr.

Norioka berichtet über *Vagus-Phrenicus* Anastomosen. Die Vagusfasern wachsen in den peripheren Phrenicusstumpf ein. Leider teilt er seine Beobachtungen über evtl. Zwerchfellbewegungen nicht mit.

Felix sah nach sechs *Vagus-Phrenicus* Anastomosen zweimal eine Degenerationshemmung des Zwerchfellmuskels, bedingt durch die vegetativen *Vagusfasern*, aber niemals Bewegungen des Zwerchfells.

Literaturverzeichnis.

Albrecht: Klinische Beiträge zur Nervenchirurgie: D. Ztsch. Chr. 1887. Bd. 26 S. 430.

Ambrosello: Vollständige Durchtrennung des *Ischiadicus* bei unkomplizierter Oberschenkelfraktur: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 71 S. 734.

Anfänger: Narkoselähmung des *Axillaris*: Zbl. f. Ch. Jhrg. 54 Nr. 18 S. 1112.

Antonioli: *Spino-Faciale* Anastomose: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 41 S. 78.

Auerbach: Über die Schußverletzungen der peripheren Nerven: Mitt. aus d. Gr. d. Med. u. Ch. S. 143 Bd. 30.

Babcin: Über den Zeitpunkt der Wiederherstellung der Funktions- und Arbeitsfähigkeit nach der Nervennaht an den oberen Extremitäten: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 62 S. 382.

Ballance: Über die operative Behandlung der *Facialis*paralyse: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 71 S. 101.

Banks: siehe Albrecht.

Barthélemy: Die Regeneration der Nerven nach ihrer Imprägnation mit einem Fixationsmittel: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 9 S. 108.

Bastos: Ein operativer Fall von Lähmung des *Musculocutaneus*: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 36 S. 351.

Bentley: Nervenpfropfung — Nerveneinpflanzung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 81 S. 590.

Bernou: Alkoholisierung des *Phrenicus*: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 68 S. 407.

Berntsen: Über chirurgische Behandlung peripherer Nervenschädigung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 60 S. 39.
Die Chirurgische Behandlung der peripheren Nervenläsion: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 60 S. 390.

Bethe: Allgemeine Anatomie u. Physiologie des Nervensystems: Leipzig 1903.
Neue Versuche über die Regeneration der Nervenfasern: Pflügers Arch. 116 (1907).

Bielschowsky: Die Überbrückung großer Nervenlücken: J. f. Psych. u. Neur. Bd. 22 S. 267. 1918.
Handbuch d. Neur. v. Bumke u. Foerster 1. Teil: Allgemeine Histologie und Histopathologie des Nervensystems.

Biemann: *Sympathicus*lähmung nach Alkoholinjektion in den *Laryngeus sup.* Zbl. f. d. ges. Neur. u. Psych. Bd. 28 S. 346.

Bier: Über Knochenregeneration: Arch. f. kl. Ch. Bd. 127 S. 1.

Boeke: Nervenregeneration und verwandte Innervationsprobleme: Erg. d. Physiologie Bd. 19 S. 448. 1921.
Nervenregeneration: Handbuch d. Neurologie von Bumke und Foerster. S. 995. Bd. 1.

Borchardt: Der *Nervus Radialis*: Bruns Beitr. Bd. 117 H. 3 S. 475. 1919.

Brea: „Phrenico — Pressor" als vorübergehende *Phrenicus*unterbrechung zur Behandlung der Lungentuberkulose: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 65 S. 223.

Bruce: Vorübergehende doppelseitige *Recurrens*lähmung ohne Nervenläsion: Zb. f. Hals- Nasen- Ohr. B. 20 S. 308. 1933.

Brünning: Eine neue Erklärung für die Entstehung und Heilung trophischer Geschwüre nach Nervendurchtrennung: Zbl. f. Ch. 1920. Nr. 48 S. 1433.

Bruns: siehe Albrecht.

Bumke u. Foerster: Handbuch der Neurologie 1935.

Bunnell: Operationen an den Nerven der Hand: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 38 S. 331.

Naht des *Facialis* in seinem Verlauf innerhalb des Schläfenbeins: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 40 S. 370.

Wiederherstellung der Nerven und Sehnen der Hand: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 45 S. 173.

Busch: siehe Albrecht.

Cajal: Deg. and Reg. of the Nervous System, London 1928.
Studium über Nervenregeneration übers. von Bresler 1908.

Cameron: Reg. of the per. vagus. Quart. Journal of Exp. Physiol. 23. 1933.

Cary: Vollständige Lähmung des vorderen *Cruralis* nach Entbindung: Zbl. f. d. ges. Neur. u. Psych. Bd. 42 S. 425.

Cassirer: Zur Prognose der Nervennaht: Neur. Zbl. 1917. S. 275.

Cassirer u. Unger: Zur Überbrückung großer Nervenlücken mit freier Transplantation: Dtsch. med. Woch. 1921. Nr. 21 S. 586.

Chrétien: siehe Albrecht.

Ciminata: Beitrag zur *Sympathicus*chirurgie: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 84 S. 211.

Constantini: Doppelseitige *Facialis*lähmung. Anast. zwischen *Facialis* und *Accessorius*: Zbl. f. H. N. Oh. 1935. Bd. 25 S. 348.

Davis: Die Nervenregeneration in freien Hauttransplantaten und gestielten Hautlappen: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 68 S. 392.

Delagénière: Ein Beitrag zum Studium der operativen Wiederherstellung der per. Nerven auf Grund der Beobachtungen von 375 Fällen: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 31 S. 17.

Dimitz: Ein Beitrag zur Kenntnis der sekretorischen, vasomotorischen und trophischen Störungen bei traumatischen Läsionen der Extremitätennerven: Wiener kl. Woch. 1916. S. 942.

Dintenfaß: Gradenigos Syndrom bei Mastoiditis: Zbl. f. d. ges. Neur. u. Psych. 1926. Bd. 44 S. 866.

Dodge: Periphere Nervenverletzungen: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 16 S. 505.

Dogliotti: Probleme zur Pathologie der peripheren Nerven bei Kinderlähmung und über die Regenerationsfähigkeit der noch erhaltenen Fasern nach Neurotomie und einfacher Naht: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 67 S. 190.

Donath: Behandlung der *Trigeminus*neuralgie mit Alkoholinjektionen: Zeitschr. f. d. ges. Neur. und Psych. Bd. 29 S. 1.

Dos Santos Caldeira: Naht der *Schenkelnerven:* Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 60 S. 391.

Duel: Klinische Erfahrungen mit autoplastischen Nerventransplantationen bei *Facialis*lähmung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 62 S. 377.

Geschichte und Entwicklung der chirurgischen Behandlung der *Facialis*parese: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 63 S. 472.

Die operative Behandlung der *Facialis*lähmungen: Zbl. f. H. N. Oh. 1935. Bd. 24 S. 562.

Duel, Ballance: Kurze Mitteilung über die Erfolge der Einpflanzung des peripheren Endes des durchschnittenen zervikalen *Sympathicus* in einen anderen Nerven in der Nachbarschaft: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 60 S. 275.

Dustin: La fasciculation des nerfs. L'Ambulance de „l'Ocean". La Panna, Tomme 2, H. 1 (1918).

Eden: Erfahrungen und Untersuchungen über die freie Nervenüberpflanzung: Zbl. F. Ch. 1921. Nr. 21 S. 742.
Untersuchungen über die spontane Wiedervereinigung durchtrennter Nerven im strömenden Blut und im leeren Gefäßrohr: M. med. Woch. 1917. S. 190.

Edinger: Über die Vereinigung getrennter Nerven: M. med. Woch. 1916. S. 225.
Über die Regeneration des entarteten Nerven: Dtsch. med. Woch. 1917. S. 769.

Egedy: Der heutige Stand der Operationen am *sympathischen* Nervensystem: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 83 S. 487.

Epstein: Zwerchfellähmung als Folge von Lähmung des *Pl. brachialis:* Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 41 S. 131.

Erlacher: Über die Grundlagen der Wiederherstellung der Nervenleitung und ihre Bedeutung für die Operationen am peripheren Nerven: Zbl. f. Ch. 1925. S. 2632.
Unterbrechung und Wiederherstellung der Leitung im peripheren Nerven durch thermische und chemische Mittel: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 31 S. 17.

Esmarch: siehe Albrecht.

Etzold: Über Nervennaht: Dtsch. Ztschr. f. Ch. Bd. 29 S. 430.

Fabry: Klinische Beiträge zur Frage der *Recurrens*lähmung: Zbl. f. d. ges. Neur. u. Psych. Bd. 26 S. 238.

Felix: Über den *Nervus phrenicus* und die Zwerchfellinnervation: Zbl. f. Ch. 1922. S. 1832.
Anatomische, experimentelle und klinische Untersuchungen über den *Phrenicus* und die Zwerchfellinnervation: Dtsch. Zeitschr. f. Ch. 1922. Bd. 171 S. 283.
Über die Einheitsbeziehung zwischen Nerv und Muskel: Zbl. f. Ch. 1933. S. 2447.
Nerv und Muskel als biologische Einheit: Arch. f. kl. Ch. Bd. 180 S. 387.
Über Neurotisation gelähmter Muskulatur: Arch. f. kl. Ch. Bd. 162 S. 681.
Beziehung des Nervensystems zur Entzündung und zur Knochenreg.: Dtsch. Ztschr. f. Ch. 1925. Bd. 193 S. 196.
Untersuchungen über den Spannungszustand und die Bewegung des gelähmten Zwerchfells: Ztschr. f. d. ges. exp. Med. Bd. 33 S. 458.

Fischer: Isolierte einseitige *Hypoglossus*lähmung durch Schädelbasisfraktur: Neur. Zentralbl. Jhrg. 39. Nr. 4 S. 120.

Foa: Über einen Fall von *Facialis*lähmung: Zbl. f. H. N. Oh. 1933. Bd. 20 S. 569.

Forrsmann: Über die Ursachen, welche die Wachtsumsrichtung der peripheren Nervenfasern bei der Regeneration bestimmen: Zieglers Beitr. zur path. Anat. 1898. Bd. 24 S. 56—100.

Foramitti: Zur Technik der Nervennaht: Arch. f. kl. Ch. 1904. Bd. 73.

Fränkel: Grundeigenschaften der allgemeinen Regenerationshormone: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 46 S. 83.
Hauptwirkungen der allgemeinen Regenerationshormone: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 46 S. 813.

Goetze: Die Vereisung des *Facialis* bei schwierigen Hasenscharten: Zbl. f. Ch. 1931. S. 927.
Die effektive Blockade des *Phrenicus:* M. med. Woch. 1925. Nr. 27 S. 1110.
Temporäre *Phrenicus*blockade: Zbl. f. Ch. 1920. Nr. 42 S. 1290.

Gosset: Rückenmark als heteroplastisches Transplantat bei peripheren Nerven: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 74 S. 351.
Erste Versuche beim Menschen mit Verpflanzung fremdartigen Rückenmarkes bei peripheren Nervenverletzungen: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 83 S. 344.

Grassmann: Beitrag zur operativen Behandlung der einseitigen *Recurrenslähmung* nach Kropfoperationen: Zbl. f. Ch. Jhrg. 56 S. 1277. 1929.

Greene: Stimmbandlähmung und Schilddrüsenchirurgie: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 31 S. 822.

Haguenau: Die Neuralgien des *Trigeminus:* Zbl. f. H. N. Oh. 1935. Bd. 24 S. 491.

Halle: *Facialis*lähmung und Versuche zu ihrer Beseitigung: Zbl. f. H. N. Oh. 1935. Bd. 25 S. 61.

Härtel: Chirurgie der per. Nerven: Zbl. f. Ch. 1931. S. 1511—1528.

Hasse: Beiträge zur Frequenz und Sympiomatologie der Schußverletzungen der Gehirnnerven: Ztschr. f. d. ges. Neur. u. Psych. Bd. 51 S. 346.

Heile: Verletzungen peripherer Nerven: Bruns Beitr. Bd. 98 H. 14 S. 754.

Heilmann: Über die Regeneration des *Alveolaris inf.* und sup. nach Operationen und Traumen: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 65 S. 217.

Hoffmann: Siehe Albrecht.

Holmes: Siehe Albrecht.

Hoppeschar: Siehe Albrecht.

Horsley: Suture of the recurrent lateral nerve: Zbl. f. Ch. 1910. S. 1070.

Jäger: Beiträge zur Nervenregeneration an menschlichen Hautnarben: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 37 S. 629.

Ibbotson: Erholung des *Facialis* nach Paralys von siebenjähriger Dauer: Zbl. f. H. N. Oh. 1926. S. 700.

Jessop: Siehe Albrecht.

Juzelevskij: Die Behandlung der Hyperkinesen im Gesicht durch Alkoholisation des *Facialis* und der Gesichtsmuskeln: Zbl. f. Ch. 1935. S. 206.

Kimmerle: Ein Fall von Läsion des Axillaris und Suprascapularis nach Luxation der Halswirbelsäule: Der Nervenarzt 1929. S. 178.

Kirschner: Die chirurgische Behandlung der Kriegsverletzungen der peripheren Nerven und ihre Heilungsmöglichkeit durch operative Eingriffe: Med. Klinik. 1922. S. 3.
Über Schußverletzungen peripherer Nerven: Dtsch. med. Woch. 1915. S. 313.

König: Siehe Albrecht.

Kramer: Schußverletzungen peripherer Nerven:
1. Mitteilung: Monatsschr. für Psych. u. Neur. Bd. 39 S. 1.
2. „ : „ „ „ „ „ Bd. 41 S. 193.
3. „ : „ „ „ „ „ Bd. 46 S. 241.
4. „ : „ „ „ „ „ Bd. 50 S. 279.
5. „ : „ „ „ „ „ Bd. 51 S. 129.
6. „ : „ „ „ „ „ Bd. 51 S. 344.

Kraus: Erfolgreiche physikalische Therapie künstlich erzeugter peripherer Lähmungen im Tierexperiment: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 34 S. 144.

Krönlein: Siehe Albrecht.

Kroh: Die künstliche ein- und doppelseitige Lähmung des Zwerchfells: M. med. Woch. 1922. Nr. 22 S. 807.
Die temporäre Ausschaltung des *Phrenicus:* Dtsch. med. Woch. 1921. S. 925.

Küttner: Die Chirurgie der Peripheren Nerven: Zbl. f. Ch. 1931. S. 1321.

Lahey: Operative *Recurrens*verletzung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 60 S. 461.

Lange: Über pathologische und therapeutische Zwerchfellähmung: Dtsch. Ztschr. f. Ch. 1922. Bd. 169 S. 199.
Die Bedeutung der Spannung für die Funktionswiederkehr eines gelähmten Muskels: M. med. Woch. 1928. Nr. 45 S. 1913.

Langenbeck: Siehe Albrecht.

Lasserre: Suprakondylärer Oberarmbruch mit unmittelbar dabei eingetretener *Radialis*lähmung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 40 S. 61.

Launay: Der *Phrenicus* als motorischer Nerv. Lähmung des Zwerchfells: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 68 S. 405.

Lee: Regeneration of the symp. System. Proc. Assoc. f. Research in Nervous and Mental Disease. New-York 1928.

Le Fleming Burrow: Das Regenerationsphänomen peripherer Nerven nach Nervennaht: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 60 S. 617.

Leriche: Die Rolle der Narbenneurome des *Sympathicus* bei den post. operativen Spätfolgen der Sympathektomie: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 48 S. 600.

Lewandowsky: Handbuch der Neurologie. Begr. von Lewandowsky. Ergänzungsband II. Teil von Bumke und Foerster.

Lehmann Walter: Die Chirurgie der peripheren Nervenverletzungen 1921. Verl. Urban-Schwarzenberg, Berlin, Wien.
Elektrische Untersuchungen bei Nervenverletzungen: Bln. kl. Woch. 1916. Nr. 14 S. 300.

Lüken: Ein- und gleichseitige *Vagus-* und *Accessorius*läsion und vollkommene Taubheit nach Schädelbasisfraktur: Arch. f. kl. Ch. 1914. Bd. 104 H. 4 S. 1000—1013.

Makai: Zur Indikation und Art der Wirksamkeit der periarteriellen Sympathektomie: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 24 S. 78.

Manasse: *Facialis*lähmung bei akuter Otitis media: Zbl. f. d. ges. Neur. u. Psych. Bd. 44 S. 211.

Markoe: Siehe Albrecht.

Martin: Intratemporale Naht des *Facialis:* Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 54 S. 689.

Matzdorff: Zwei seltene Fälle von peripherer sensibler Lähmung: Kl. Wochenschr. Jhrg. 5 Nr. 26 S. 1187.

Meissner: *Medianus*lähmung mit folgender *Phrenicus*lähmung nach Schußverletzung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 7 S. 109.

Melkonjan: Zur Chirurgie der peripheren Nervenstämme: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 67 S. 631.

Meneghello: Betrachtungen über *Trigeminus*neuralgie und ihre Behandlung: Zbl. f. H. N. Oh. 1934. Bd. 21 S. 61.

Michetti: Der Wert der Alkoholisierung des *Phrenicus* bei der Behandlung der Lungentuberkulose: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 68 S. 106.

Midana: Der Einfluß des Alters auf die Regeneration der peripheren Nerven: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 53 S. 632.

Milko: Perforation der Art. fem. nach periarterieller Sympathektomie: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 27 S. 288.

Mimura: Experimentelle Studien über die künstliche Anastomose zwischen *Vagus* und *Sympathicus:* Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 63 S. 88.

Morin: Die Alkoholeinspritzung in den *Phrenicus* zur Behandlung der Lungentuberkulose: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 65 S. 222.

Mulikov: Bestimmung des Regenerationstermins für die pressorischen und depress. Nervenfasern in den per. Nerv. Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 51 S. 554.

Neugebauer: Zur Neurorrhaphie und Neurolysis: Bruns Beitr. Bd. 15 S. 465.

Nicaise: Siehe Albrecht.

Nix: Nervenpfropfung zwischen 7. und 11. Gehirnnerven zur Behebung der *Facialis*lähmung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 30 S. 462.

Noim: Selbstversuche über Nervenregeneration: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 71 S. 513.

Norioka: Über die Nervennaht zwischen *Vagus* und *Phrenicus*:
1. die funktionelle Regeneration: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 77 S. 38;
2. die histologischen Untersuchungen der Nervenregeneration: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 78 S. 506.

Nußbaum: Siehe Albrecht.

Oberndörffer: Siehe Spielmeyer.

O'Brien: Die Chirurgie des *Phrenicus*: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 48 S. 48.

Page: Siehe Albrecht.

Perthes: Über das elektrische Verhalten motorischer Nerven während der Regeneration: M. med. Woch. 1919. Nr. 36 S. 1015.
Die Schußverletzungen der peripheren Nerven: Ztschr. f. d. ges. Neur. u. Psych. 1917. Bd. 36 S. 400.
Tagung der mittelrhein. Chirurgenvereinigung: Zbl. f. Ch. 1921. S. 667.

Phemister: Versuche am Hund: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 83 S. 355.

Pick: Siehe Albrecht.

Piontkowsky: Über den Einfluß des galvanischen Stromes auf die Regeneration durchschnittener Nervenfasern: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 56 S. 636.

Pisanè: Der chirurgische Eingriff bei Verletzung der peripheren Nerven: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 33 S. 333.

Pollock: Die klinischen Zeichen der Nervenverletzung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 11 S. 401.
Störungen der Motilität bei peripherer Läsion: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 35 S. 292.
Die Beziehung zwischen Wiederherstellung der Gefühlsqualitäten und die Wiederherstellung der motorischen Funktion peripherer Nerven: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 72 S. 502.

Potter: *Ulnaris*lähmung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 45 S. 172.

Ranschburg: Die Heilerfolge der Nervennaht. Therapie der Kriegsverletzungen der Extremitäten, herausgeg. von v. Verebély. 1918.
Schnelle Wiederherstellung der Leitungsfähigkeit in resezierten und genähten Nerven: M. med. Woch. 1915. Nr. 15 S. 523.

Rawlence: Frische Naht des *Ulnaris:* Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 9 S. 308.

Rebattu: Traumatische Lähmung des *Recurrens:* Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 46 S. 555.

Reger: Siehe Albrecht.

Rejtö: Fälle von *Abducens*lähmung im Gefolge von akuten Mittelohrentzündungen: Zbl. f. H. N. Oh. Bd. 21. 1934. S. 398.

Ricci: Zwerchfellbefunde nach *Phrenicus*exairesen beim Menschen: Zorg. f. Ch. und Gr. Bd. 45 S. 625.

Rogers: Die Regeneration des *Vagus:* Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 13 S. 241.

Schäfer: Zerreißung des ganzen *Pl. brach.* durch stumpfe Gewalt: Zbl. f. Ch. 1934. Nr. 24 S. 1399.

Schaefer, Feiß: Funct. Reg. cut. cervic. sympath. and vagus: Quart. J. exper. Physiol. 9 (1916).

Schjerning: Handbuch der ärztlichen Erfahrung im Weltkrieg 1914—1918. Bd. 2. 2. Teil. 1929. Nervenverletzungen von Borchardt, Eerthes.

Schloeßmann: Über Nervenregeneration: Zbl. f. Ch. 1937. S. 54 —56.

Schneider: Ergebnisse der Behandlung der *Trigeminus*neuralgie während des letzten Jahrzehntes: Zbl. f. H. N. Oh. 1934. Bd. 21 S. 719.

Seiffert: Erfolgreiche primäre Nervennähte in schwer infizierten Wunden: Zbl. f. Ch. 1936. Nr. 32 S. 1890.

Sewall: Dekompression des *Facialis:* Zbl. f. H. N. Oh. 1934. Bd. 23 S. 261.

Sharpe: Endergebnisse der Nervenchirurgie. Eindrücke während der zehn Jahre 1913—1923: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 34 S. 892.

Smith: Zwerchfelltic geheilt durch Resektion des *Phrenicus:* Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 60 S. 829.

Sobolevitsch: Über *Phrenicus*paralyse als Folge eines Geburtstraumas: Zbl. f. d. ges. Neur. und Psych. Bd. 84 S. 560.

Solomovici: Die isolierte Lähmung des *Glossopharyngeus:* Zbl. f. H. N. Oh. 1935. Bd. 25 S. 386.

Spielmeyer: Über Regeneration peripherer Nerven: Ztschr. f. d. ges. Neur. u. Psych. 1915. Bd. 29 S. 416.
Zur Klinik und Anatomie der Nervenschußverletzungen. Springer, Berlin 1915.

Spitzy: Chirurgie der peripheren Nerven: Jahresbericht über die ges. Chir. 1921. S. 172.

Stoffel: Behandlung großer Nervendefekte: Zbl. f. Ch. 1931. S. 667.

Stierlin: *Recurrens* und Kropfoperationen: Dtsch. Ztschr. f. Ch. Bd. 89 S. 78.

Stracker: Nachbehandlung der operierten Fälle: Med. Klinik. 1915. S. 856.

Sweet: Experimente mit in Alkohol konservierten Nerventransplantaten: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 46 S. 353.

Taptas: Intrakranielle Injektionsbehandlung der *Trigeminus*neuralgie: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 29 S. 244.

Taylor: Operative Verletzung des *Recurrens* mit Wiederherstellung der Funktion: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 30 S. 693.
Chirurgische Behandlung der *Trigeminus*neuralgie: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 63 S. 704.

Terauchi: Über Degeneration und Regeneration der peripheren markhaltigen Nerven nach Vereisung, sowie Vergleichung mit der Degeneration und Regeneration nach Alkoholinjektion und Catgutligatur: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 38 S. 269.

Thiemann: Ungewöhnlich frühe Wiederherstellung der Leitungsfähigkeit im resezierten und genähten Nerven: M. med. Woch. 1915. S. 523.

Thorburn: Die Endresultate der peripheren Nervenverletzungen nach ihrer operativen Behandlung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 10 S. 318.

Tomoff: Physiologische und histologische Untersuchungen nach künstlicher Neurotisation gelähmter Muskulatur (Nacktneurotisation): Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 63 S. 780.

Tsunoda: Experimentelle Studien über die Veränderungen der Nervenendigungen bei Entzündungen sowie über die Regeneration der Nerven im Narbengewebe: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 45 S. 89.

Valentin: Studien über Nervenregeneration: Zbl. f. Ch. 1925. S. 2546.

Verbrugge: Vollständige Durchschneidung des *Radialis*, sofortige Naht, Heilung: Zorg. f. Ch. u. Gr. Bd. 54 S. 700.

Welhouse: Siehe Albrecht.

Wexberg: Kriegsverletzungen der peripheren Nerven: Ztschr. f. d. ges. Neur. u. Psych. 1917. Bd. 36 S. 345.

Wiedhopf: Vereisung des Nervenquerschnittes: Zbl. f. Ch. 1921. S. 666.

Wilms: Siehe Albrecht.

Wirth: Naht eines durchtrennten *Medianus* mit rascher Funktionsherstellung: Zbl. f. d. ges. Neur. u. Psych. Bd. 28 S. 230.

Woelfler: Über die Naht des *Hypoglossus:* Bruns Beitr. 1905. Bd. 45.

Lebenslauf.

Am 11. Oktober 1912 wurde ich in Wiedersbach geboren, besuchte von 1919—1924 die dortige Volksschule, trat, nach Versetzung meines Vaters nach Ansbach, in die dortige Oberrealschule über, die ich im April 1933 absolvierte.

Nach meiner Immatrikulation als Student der Medizinischen Fakultät an der Universität Würzburg, legte ich im Mai 1934 das Vorphysikum ab und ließ mich im Oktober 1934 für zwei Semester beurlauben, um mein Freiwilligenjahr beim 62. Infanterieregiment in Landshut abzuleisten. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich im März 1936 in Würzburg, immatrikulierte mich im Sommersemester 1936 an der Universität Königsberg und wurde im Oktober 1936 als Fahnenjunker von der Militärärztlichen Akademie in Berlin übernommen. Die restlichen Studiensemester verbrachte ich in Berlin.

Nach bestandenem Staatsexamen begann ich am 27. April 1939 meine Medizinalpraktikantenzeit an dem Standortlazarett Nürnberg-Fürth.

Am 1. September 1939 erhielt ich die Approbation.

Es ist mir ein Bedürfnis, Herrn Professor Dr. W. Felix für die Überlassung des Themas und für seine wertvollen Ratschläge bei seiner Bearbeitung herzlich zu danken.